

PARENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION CONCERNING
SUBMISSION OR TRANSMITTAL
OF PRIORITY DOCUMENT

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

OHKAWA, Hiroshi
2-5, Meieki 3-chome
Nakamura-ku
Nagoya-shi
Aichi-ken 450-0002
JAPON

Date of mailing (day/month/year) 16 July 2001 (16.07.01)	
Applicant's or agent's file reference F-724-P	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/JP01/03786	International filing date (day/month/year) 01 May 2001 (01.05.01)
International publication date (day/month/year) Not yet published	Priority date (day/month/year) 02 May 2000 (02.05.00)
Applicant KABUSHIKI KAISHA TOYOTA CHUO KENKYUSHO et al	

- The applicant is hereby notified of the date of receipt (except where the letters "NR" appear in the right-hand column) by the International Bureau of the priority document(s) relating to the earlier application(s) indicated below. Unless otherwise indicated by an asterisk appearing next to a date of receipt, or by the letters "NR", in the right-hand column, the priority document concerned was submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b).
- This updates and replaces any previously issued notification concerning submission or transmittal of priority documents.
- An asterisk(*) appearing next to a date of receipt, in the right-hand column, denotes a priority document submitted or transmitted to the International Bureau but not in compliance with Rule 17.1(a) or (b). In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.
- The letters "NR" appearing in the right-hand column denote a priority document which was not received by the International Bureau or which the applicant did not request the receiving Office to prepare and transmit to the International Bureau, as provided by Rule 17.1(a) or (b), respectively. In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

<u>Priority date</u>	<u>Priority application No.</u>	<u>Country or regional Office or PCT receiving Office</u>	<u>Date of receipt of priority document</u>
02 May 2000 (02.05.00)	2000-133879	JP	22 June 2001 (22.06.01)

The International Bureau of WIPO
34, chemin des Colombettes
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No. (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Taïeb Akremi

Telephone No. (41-22) 338.83.38

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT COOPERATION TREATY

WO 01/83838
PCT/JP01/03786

PCT

NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

OHKAWA, Hiroshi
2-5, Meieki 3-chome
Nakamura-ku
Nagoya-shi
Aichi-ken 450-0002
JAPON



Date of mailing (day/month/year) 08 November 2001 (08.11.01)		IMPORTANT NOTICE	
Applicant's or agent's file reference F-724-P			
International application No. PCT/JP01/03786	International filing date (day/month/year) 01 May 2001 (01.05.01)	Priority date (day/month/year) 02 May 2000 (02.05.00)	
Applicant KABUSHIKI KAISHA TOYOTA CHUO KENKYUSHO et al			

1. Notice is hereby given that the International Bureau has **communicated**, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this notice:
KR,US

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:
CN,EP,JP

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on 08 November 2001 (08.11.01) under No. WO 01/83838

REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a **demand for international preliminary examination** must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination (at present, all PCT Contracting States are bound by Chapter II).

REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))

If the applicant wishes to proceed with the international application in the **national phase**, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and the PCT Applicant's Guide, Volume II.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Authorized officer J. Zahra Telephone No. (41-22) 338.91.11
--	---

THIS PAGE BLANK (USPTO)

国際調査報告

(法 8 条、法施行規則第40、41条)

〔PCT 18条、PCT規則43、44〕

出願人又は代理人 の書類記号 F-724-P	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。		
国際出願番号 PCT/JP01/03786	国際出願日 (日.月.年) 01.05.01	優先日 (日.月.年) 02.05.00	
出願人 (氏名又は名称) 株式会社豊田中央研究所			

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT 18条)の規定に従い出願人に送付する。
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 14A 図とする。 ☐ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☒ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl. ⁷		C22C 14/00 C22F 1/18	
B. 調査を行った分野			
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl. ⁷		C22C 1/00 - 49/14 C22F 1/00 - 3/02	
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの			
日本国実用新案公報		1926-1996年	
日本国公開実用新案公報		1971-2001年	
日本国実用新案登録公報		1996-2001年	
日本国登録実用新案公報		1994-2001年	
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示		関連する 請求の範囲の番号
X	JP 52-147511 A (古河電気工業株式会社) 8. 1 2月, 1977 (08. 12. 77), 特許請求の範囲, 第3頁, 左上欄, 第14行-第3頁, 右上欄, 第15行, 第1表, 第2表		1, 2, 4, 6-14
Y			5
A	(ファミリーなし)		3
X	JP 60-234934 A (古河特殊金属工業株式会社) 2 1. 11月, 1985 (21. 11. 85), 特許請求の範囲, 第 2頁, 右上欄, 第10-14行, 第1図 (ファミリーなし)		1, 2, 4, 6, 7, 11-14
Y			5
A			3, 8-10
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列举されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 13. 07. 01		国際調査報告の発送日 24.07.01	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 鈴木 毅	
		4 K	9833
		電話番号 03-3581-1101 内線 3435	

THIS PAGE BLANK (USPTO)

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	EP 707085 A1 (Osteonics Corp.) 17. 4月. 1996 (17. 04. 96), 特許請求の範囲, 表 1, 表2 & JP 8-299428 A	1, 2, 4, 6, 7, 11-14 5
Y A		3, 8-10
Y	JP 62-287028 A (日本タングステン株式会社) 1 2. 12月. 1987 (12. 12. 87), 実施例 (ファミリー なし)	5
EX	JP 10-219375 A (大同特殊鋼株式会社) 18. 8 月. 1998 (18. 08. 98), 第3頁, 第3欄, 第17-3 7行, 表1 (ファミリーなし)	1, 4, 6-8, 13, 14
E A		2, 3, 5, 9-12
A	森永正彦他, 分子軌道理論による合金設計, 日本金属学会会報, 2 0. 7月. 1992 (20. 07. 92), 第31巻, 第7号, p. 599-603	1-14

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/03786

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C22C 14/00
C22F 1/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C22C 1/00 - 49/12
C22F 1/00 - 3/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 52-147511 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 08 December, 1977 (08.12.77), Claims; page 3, upper left column, line 14 to page 3, upper right column, line 15; tables 1,2 (Family: none)	1, 2, 4, 6-14 5 3
X Y A	JP 60-234934 A (Furukawa Tokushu Kinzoku Kogyo K.K.), 21 November, 1985 (21.11.85), Claims; page 2, upper right column, lines 10 to 14; Fig. 1 (Family: none)	1, 2, 4, 6, 7, 11-14 5 3, 8-10
X Y A	EP 707085 A1 (Osteonics Corp.), 17 April, 1996 (17.04.96), Claims; tables 1,2 & JP 8-299428 A	1, 2, 4, 6, 7, 11-14 5 3, 8-10
Y	JP 62-287028 A (Nippon Tungsten Co., Ltd.), 12 December, 1987 (12.12.87), working example (Family: none)	5
EX	JP 10-219375 A (Daido Steel Co., Ltd.), 18 August, 1998 (18.08.98), page 3, Column 3, lines 17 to 37; table 1	1, 4, 6-8, 13, 14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* "A" Special categories of cited documents:
document defining the general state of the art which is not
considered to be of particular relevance
"B" earlier document but published on or after the international filing
date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is
cited to establish the publication date of another citation or other
special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other
means
"P" document published prior to the international filing date but later
than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or
priority date and not in conflict with the application but cited to
understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered novel or cannot be considered to involve an inventive
step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered to involve an inventive step when the document is
combined with one or more other such documents, such
combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 July, 2001 (13.07.01)

Date of mailing of the international search report
24 July, 2001 (24.07.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/03786

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
EA	(Family: none)	2, 3, 5, 9-12
A	Masahiko MORINAGA, et al., "Bunshi Kido Riron ni yoru Goukin Sekkei", Nippon Kinzoku Gakkai Kaihou, 20 July, 1992 (20.07.92), Vol.31, No.7, pp.599-603	1-14

THIS PAGE BLANK (USPTO)



P.B.5818 - Patentlaan 2
2280 HV Rijswijk (ZH)
☎ +31 70 340 2040
TX 31651 epo nl
FAX +31 70 340 3016

Eur päisches
Patentamt

Zweigstelle
in Den Haag
Recherchen-
abteilung

Eur pean
Patent Office

Branch at
The Hague
Search
division

Offic uropéen
des brev ts

Département à
La Haye
Division de la
recherche

Kramer, Reinhold, Dipl.-Ing.
Blumbach, Kramer & Partner
Patentanwälte
Radeckestrasse 43
81245 München
ALLEMAGNE

31.8.03

Datum/Date

31.03.03

Zeichen/Ref./Réf. 01/87328W0 ep	Anmeldung Nr./Application No./Demande n°/Patent Nr./Patent No./Brevet n°. 01926108.0-2122-JP0103786
Anmelder/Applicant/Demandeur/Patentinhaber/Proprietor/Titulaire Kabushiki Kaisha Toyota Chuo Kenkyusho	

COMMUNICATION

The European Patent Office herewith transmits as an enclosure the European search report for the above-mentioned European patent application.

If applicable, copies of the documents cited in the European search report are attached.

☒ Additional set(s) of copies of the documents cited in the European search report is (are) enclosed as well.

The following specifications given by the applicant have been approved by the Search Division:

☒ abstract

☒ title

☐ The abstract was modified by the Search Division and the definitive text is attached to this communication.

The following figure will be published together with the abstract:

14A

REFUND OF THE SEARCH FEE

If applicable under Article 10 Rules relating to fees, a separate communication from the Receiving Section on the refund of the search fee will be sent later.



THIS PAGE BLANK (USPTO)



European Patent
Office

**SUPPLEMENTARY
PARTIAL EUROPEAN SEARCH REPORT**

Application Number

which under Rule 45 of the European Patent Convention shall be considered, for the purposes of subsequent proceedings, as the European search report

EP 01 92 6108

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
X	US 5 573 401 A (KOVACS PAUL ET AL) 12 November 1996 (1996-11-12) * examples 1-3; tables 1-3 *	1	C22C14/00 C22F1/18
A	---	6-8,10	
X	DE 199 35 935 A (DAIDO STEEL CO. LTD) 3 February 2000 (2000-02-03) * page 2, line 45 - line 55; examples 7-12,23,24,27; tables 1,2 * * page 6, line 31 - line 49 *	1	
P,X	EP 1 046 722 A (JAPAN BASIC MATERIAL CO LTD ;TERUMO CORP (JP); INOE AKIHISA (JP)) 25 October 2000 (2000-10-25) * tables 1,3,4,6,7 * -/--	1	
			TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7)
			C22C
The supplementary search report has been based on the last set of claims valid and available at the start of the search.			
INCOMPLETE SEARCH			
The Search Division considers that the present application, or some or all of its claims, does/do not comply with the EPC to such an extent that a meaningful search into the state of the art cannot be carried out, or can only be carried out partially, for the following claims:			
Claims searched completely :			
Claims searched incompletely :			
Claims not searched :			
Reason for the limitation of the search: see sheet C			
Place of search MUNICH		Date of completion of the search 14 March 2003	Examiner Lilimpakis, E
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS			
X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document		T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons & : member of the same patent family, corresponding document	

1
EPO FORM 1503 03.02 (P04C20)

THIS PAGE BLANK (USPTO)



DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.7)
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 126 (C-0817), 27 March 1991 (1991-03-27) ✓ -& JP 03 010038 A (NATSUO YUGAWA; OTHERS: 02), 17 January 1991 (1991-01-17) * abstract; table 1 *	4-6	
A	---	7-10	
A	US 5 871 595 A (AHMED TOSEEF ET AL) 16 February 1999 (1999-02-16) ✓ * the whole document * * table 2 *	1-3, 5-10	
E	---	1-3, 5-7	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.7)
A	EP 1 114 876 A (TOYODA CHUO KENKYUSHO KK) 11 July 2001 (2001-07-11) * tables 1-7 *		
A	---	1, 4	
	DATABASE METADEX 'Online! MATERIALS INFORMATION, THE INSTITUTE OF METALS, LONDON, GB; MORINAGA, M. ET AL: "Alloy design based on molecular orbital method." retrieved from STN Database accession no. 11-341 XP002234733 * abstract * & ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V.. SARA BURGERHARTSTRAAT 25; P.O. BOX 211, AMSTERDAM, 1000AE, NETHERLANDS. 1991. 803-808, PHASE DIAGRAMS, GRAPHS, 1 REF. CONFERENCE: COMPUTER AIDED INNOVATION OF NEW MATERIALS, TOKYO, JAPAN, 28-31 AUG. 1990, -----		

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Claim(s) searched completely:
4-10

Claim(s) searched incompletely:
1-3

Claim(s) not searched:
11-14

Reason for the limitation of the search:

Present claims 11-14 relate to an extremely large number of possible Ti alloy combinations, given that none of the alloying or interstitial elements is named or claimed in these claims.

In fact, the claims contain so many options that a lack of clarity (and conciseness) within the meaning of Article 84 EPC arises to such an extent as to render a meaningful search of the claims impossible.

Consequently, the search has been carried out for those parts of the application which do appear to be concise, namely 1 to 10.

However, claims 1-10, in particular the independent claims 1 and 4 do not appear to be clear enough for the following reasons:

Claim 1 : it relates to a Ti-alloy without defining the composition or at least the starting basic composition and it leaves open the possibility of participation of further unknown elements. This is evidenced from the combined teaching of claims 1 and 2 according to which the alloy composition should consist of:

Ti > or equal to 40 wt%,

IVa and/or Va element(s) plus the base (Ti) > or equal to 90 wt% , and interstitial N, C, O in a content of 0.25-2.0 wt%.

Defining in this way the claimed alloys results to the content of IVa and/or Va element(s) can be possibly higher than or equal to 50 wt% which is also against the examples given in pages 31-32 of the description. The disclosure of the application in its entirety, does not mention any concrete elemental ranges on the base of which the claims could be possibly amended in order to remedy this deficiency.

Therefore, based on the broad interpretation of claim 1 or the combination of claims 1 and 2, any alloy composition (i.e. comprising also elements not disclosed therein as for example Mo) is of highly relevance for the said claims.

It is to be noted that the participation of interstitial elements as for example oxygen in amounts as claimed (around 0.25 wt%) is inevitable in Ti alloys (because of the great affinity of oxygen to Ti, especially in the powder form of the latter) and thus, it is considered as inherently disclosed in the alloys as disclosed in the cited prior art.

As far as the properties of the selected and claimed alloys are concerned, the "bcc" Ti-alloys possess in their plurality the ideal cubic structure of ratio c/a equal to around 1 and it is considered that this property is merely defined by reference to a desirable characteristic. It is also not clear from the description i.e. the method of

THIS PAGE BLANK (USPTO)



manufacturing, what is the crucial factor to influence in order to achieve such a structure.

Furthermore, the rest of features of claim 1, namely the measuring by the Schlutz's reflection method would appear as an experimental method on the structure of already existing alloys.

In addition, considering the broad scope in compositional features of claim 1 which cover practically an unlimited number of Ti-alloys, the application provides support within the meaning of Article 84 EPC and/or disclosure within the meaning of Article 83 EPC for only a very limited number of such products (examples).

In the present case, the claims so lack support, and the application so lacks disclosure, that a meaningful search over the whole of the claimed scope is impossible.

Consequently, the search has been carried out for those parts of the claims which appear to be clear, supported and disclosed, namely those parts relating to similar products of Ti-alloys comprising amongst other at least one of IVa and/or Va element and having low Young's modulus and a high strength (for example more than 1000 MPa).

However, these kind of products with low Young's modulus and higher than 1000 MPa strength are already known in the prior art (see in particular the designated as "X" documents of the search report). In this respect, it remains unclear what is the scope and the aim of the present application contributing to additional effects or advantages with respect to the known alloys.

Claim 4 : it relates to a method of strictly selectioning a Ti-alloy based on the so-called DV-Xa cluster method (apparently known also as "PHACOMP") without defining a starting composition but making reference to the parameters Md and Bo.

The use of these parameters in the present context is considered to lead to a lack of clarity within the meaning of Article 84 EPC. It is impossible to compare the parameters the applicant has chosen to employ with what is set out in the prior art.

In spite of that, it appears that the claimed subject-matter is already known from the cited document JP-A-3-10038 (parts relating to the product of table 1, line or alloy no. 3).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT
ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO.**

EP 01 92 6108

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

14-03-2003

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5573401	A	12-11-1996	US 5509933 A	23-04-1996
			US 5169597 A	08-12-1992
			AU 2860495 A	05-01-1996
			CA 2193121 A1	21-12-1995
			EP 0765142 A1	02-04-1997
			JP 10501719 T	17-02-1998
			WO 9534251 A1	21-12-1995
			ZA 9504980 A	21-02-1996
			AU 5219693 A	16-06-1994
			CA 2110779 A1	08-06-1994
			EP 0601804 A1	15-06-1994
			JP 6233811 A	23-08-1994
			US 5477864 A	26-12-1995
			US 5545227 A	13-08-1996
			US 5690670 A	25-11-1997
			US 5782910 A	21-07-1998
			US 5716400 A	10-02-1998
			US 5676632 A	14-10-1997
			US 5562730 A	08-10-1996
			US 5713947 A	03-02-1998
			US 5685306 A	11-11-1997
			US 5674280 A	07-10-1997
			US 5683442 A	04-11-1997
			AT 104865 T	15-05-1994
			AU 644393 B2	09-12-1993
			AU 6827490 A	27-06-1991
			CA 2032875 A1	22-06-1991
			DE 69008507 D1	01-06-1994
			DE 69008507 T2	18-08-1994
			DK 437079 T3	30-05-1994
			EP 0437079 A1	17-07-1991
			ES 2053126 T3	16-07-1994
			JP 3330380 B2	30-09-2002
			JP 6073475 A	15-03-1994
			ZA 9010217 A	30-10-1991
DE 19935935	A	03-02-2000	JP 2000102602 A	11-04-2000
			DE 19935935 A1	03-02-2000
EP 1046722	A	25-10-2000	JP 2001003126 A	09-01-2001
			JP 2001003127 A	09-01-2001
			EP 1046722 A1	25-10-2000
JP 03010038	A	17-01-1991	JP 2887871 B2	10-05-1999
US 5871595	A	16-02-1999	AU 705336 B2	20-05-1999

EPO FORM P0459

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**ANNEX TO THE EUROPEAN SEARCH REPORT
ON EUROPEAN PATENT APPLICATION NO.**

EP 01 92 6108

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned European search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

14-03-2003

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5871595 A		AU 3305795 A	02-05-1996
		CA 2159974 A1	15-04-1996
		DE 69507104 D1	18-02-1999
		DE 69507104 T2	10-06-1999
		EP 0707085 A1	17-04-1996
		JP 8299428 A	19-11-1996
EP 1114876 A	11-07-2001	EP 1114876 A1	11-07-2001
		JP 3375083 B2	10-02-2003
		CN 1318111 T	17-10-2001
		WO 0077267 A1	21-12-2000
		JP 2002332531 A	22-11-2002
		JP 2003003225 A	08-01-2003

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001 年 11 月 8 日 (08.11.2001)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/83838 A1

(51) 国際特許分類⁷: C22C 14/00, C22F 1/18

[JP/JP]. ファン ジョンハン (HWANG, JungHwan)
[KR/JP]. 西野和彰 (NISHINO, Kazuaki) [JP/JP]. 齋藤
卓 (SAITO, Takashi) [JP/JP]; 〒480-1192 愛知県愛
知郡長久手町大字長湫字横道 41 番地の 1 株式会社
豊田中央研究所内 Aichi (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP01/03786

(22) 国際出願日: 2001 年 5 月 1 日 (01.05.2001)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(74) 代理人: 弁理士 大川 宏 (OHKAWA, Hiroshi); 〒
450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅 3 丁目 2 番 5 号
Aichi (JP).

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2000-133879 2000 年 5 月 2 日 (02.05.2000) JP

(81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, US.

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会
社 豊田中央研究所 (KABUSHIKI KAISHA TOYOTA
CHUO KENKYUSHO) [JP/JP]; 〒480-1192 愛知県愛
知郡長久手町大字長湫字横道 41 番地の 1 Aichi (JP).

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE,
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

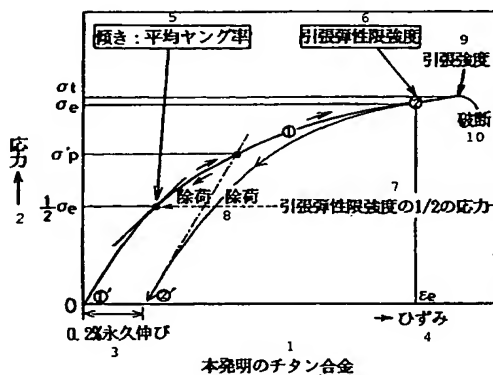
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 古田忠彦 (FU-
RUTA, Tadahiko) [JP/JP]. 妹尾与志木 (SENO, Yoshiki)

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: TITANIUM ALLOY MEMBER

(54) 発明の名称: チタン合金部材およびその製造方法



(57) Abstract: A titanium alloy member characterized in that it com-
prises titanium (Ti) in an amount of 40 wt % or more and one or more
elements other than titanium belonging to the IVa Group and/or the Va
Group in an amount such that the total content of titanium and said one
or more elements is 90 wt % or more and one or more of the intersti-
tial element group consisting of oxygen, nitrogen and carbon in a total
amount of 0.25 to 2.0 wt %, and has, as its basic structure, a body-
centered tetragonal structure or a body-centered cubic structure having a
ratio of an interatomic distance on the c axis to that on the a axis (c/a)
of 0.9 to 1.1. The titanium alloy member exhibits an excellent forma-
bility which conventional titanium alloys have never achieved, together
with flexibility and high strength, and thus can be used for a variety of
products.

- 1...TITANIUM ALLOY ACCORDING TO THE PRESENT INVENTION
- 2...STRESS
- 3...PERMANENT ELONGATION
- 4...STRAIN
- 5...SLOPE: AVERAGE YOUNG'S MODULUS
- 6...TENSILE ELASTIC LIMIT STRENGTH
- 7...1/2 STRESS OF TENSILE ELASTIC LIMIT STRENGTH
- 8...UNLOADING
- 9...TENSILE STRENGTH
- 10...BREAK



(57) 要約:

40重量%以上のチタン(Ti)と、該チタンを含めた合計が90重量%以上となる該チタン以外のIVa族元素および/またはVa族元素と、合計で0.25~2.0重量%となる、酸素と窒素と炭素とからなる侵入型元素群中の1種以上の元素とを含み、a軸上の原子間距離に対するc軸上の原子間距離の比(c/a)が0.9~1.1である体心正方晶または体心立方晶を基本構造とすることを特徴とするチタン合金部材。

このチタン合金部材は、従来のチタン合金にはない加工性を有し、柔軟で高強度であり、各種製品に利用できる。

明細書

チタン合金部材およびその製造方法

技術分野

本発明は、あらゆる分野の各種製品に利用できる冷間加工性に優れるチタン合金部材に関するものである。また、そのチタン合金部材を効率的に製造できる製造方法に関するものである。

背景技術

チタン合金は軽量で高強度であるため（比強度が大きい）、航空、軍事、海洋、宇宙等の分野で、従来から使用されてきた。しかし、通常、チタン合金は加工性や成形性が悪いため、材料歩留りが悪く、チタン製品は一般に高価なものであった。従って、その使用範囲も限られたものとなっていた。

最近では比較的加工性に優れたチタン合金（例えば、Ti-22V-4Al：商品名DAT51等）も開発され、我々の周辺でもチタン製品が増えてきた。しかし、未だにその加工性が十分とはいえず、加工率が大きくなると、急激に延性が低下することも多い。従って、加工性に優れるチタン合金が得られれば、チタン製品の材料歩留りが向上し、生産量の増大や、さらなる用途拡大等を図れる。

また、チタン製品の用途拡大を図るために、そのような加工性の他に、低ヤング率で高強度のチタン合金が求められるようになってきた。そのようなチタン合金が得られれば、従来の材料では達成し難い程、各種製品の設計自由度が急激に高まる。例えば、ゴルフクラブのヘッドに低ヤング率で高強度のチタン合金を使用すると、フェース部の固有振動数を低減でき、フェース部の固有振動数をゴルフボールの固有振動数へ同調させ得る。これにより、ゴルフボールの飛距離を著しく伸ばせるチタン製ゴルフクラブが得られると言われている。また、例えば、眼鏡フレーム（特に、莖部分）に低ヤング率で高強度のチタン合金を使用すると、優れたフィット感が得られ、軽量性や耐アレルギー性等と併せて、その機能性が大きく向上すると言われている。

このように、優れた加工性、低ヤング率ならびに高強度を備えたチタン合金が開発されれば、それを用いたチタン合金部材（チタン製品）の需要が益々拡大していくものと考えられる。

発明の開示

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、従来のチタン合金では達成することができなかった優れた加工性、低ヤング率および高強度を備えるチタン合金部材を提供することを目的とする。

本発明者は、この課題を解決すべく鋭意研究し、各種系統の実験を重ねた結果、それらの要求を満足できる、従来になかった全く新しいチタン合金を発見し本発明を完成させた。

（チタン合金部材）

（１）集合組織からみたチタン合金部材

本発明者は、先ず、そのチタン合金が特殊な組織をもつことを発見し、本発明のチタン合金部材を開発するに至ったものである。

すなわち、本発明のチタン合金部材は、４０重量％以上のチタン（Ti）と、該チタンを含めた合計が９０重量％以上となる該チタン以外のIVa族元素および／またはV族元素とを含み、

a軸上の原子間距離に対するc軸上の原子間距離の比（ c/a ）が $0.9 \sim 1.1$ である体心正方晶または体心立方晶である結晶粒からなり、

該結晶粒の（１１０）または（１０１）結晶面の極点図をSchlutzの反射法にて $20^\circ < \alpha' < 90^\circ$ 、 $0^\circ < \beta < 360^\circ$ の範囲で加工方向を含む面に平行に測定し極点図上に均等に分布する各測定値（X）を統計処理したときに、下式で定義される平均値（ X_m ）回りの二次モーメント（ ν_2 ）を平均値の２乗（ X_m^2 ）で割った値（ ν_2/X_m^2 ）が 0.3 以上となり、下式で定義される平均値（ X_m ）回りの三次モーメント（ ν_3 ）を平均値の３乗（ X_m^3 ）で割った値（ ν_3/X_m^3 ）が 0.3 以上となり、さらに、 $55^\circ < \alpha' < 65^\circ$ と加工方向に沿った β との範囲で測定した測定値中に平均値の 1.6 倍（ $1.6 X_m$ ）以上の測定値が含まれる集合組織をもつことを特徴とするチタン合金部材。

$$\text{二次モーメント：}\nu^2 = \{\Sigma (X - X_m)^2\} / N$$

$$\text{三次モーメント：}\nu^3 = \{\Sigma (X - X_m)^3\} / N$$

(但し、Nはサンプリング数である。)

このチタン合金部材は、組成的に観るとチタンと、I V a族元素および／またはV a族元素とを含み、結晶構造的に観るとほぼ体心立方晶であり、組織的に観ると従来の β チタン合金等では得られない特殊な集合組織をもつ。

本発明者は、このようなチタン合金部材が、加工性、特に冷間加工性に優れ、また、低ヤング率で高強度という特性を備えることを発見した。

現状では、チタン合金部材がそのような組織等をもつ場合に、何故、冷間加工性が向上したり、または、低ヤング率で高強度となったりするのか、必ずしも明らかではない。

ところで、本明細書中でいう「チタン合金部材」とは、チタン合金とそのチタン合金に何らかの加工を施した加工材の両方を含む。加工材の形態は、板材、線材等の素材でも、その素材等を加工した中間材や中間製品でも、さらには、その中間材等を加工した最終製品等でも良い。もっとも、その加工の程度は問わない。この加工には、冷間加工の他、熱間加工も含まれる。

上述のチタン合金部材の組成について、チタンを40重量%以上、チタンとI V a族元素および／またはV a族元素との合計を90重量%以上としたのは、優れた冷間加工性と低ヤング率とを同時に達成するためである。

チタンを45重量%以上、チタンとI V a族元素および／またはV a族元素との合計を95重量%以上とすると、より好ましい。

なお、I V a族元素および／またはV a族元素は、それらの族元素である限り特に限定されるものではない。I V a族元素には、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)があり、V a族元素には、ニオブ(Nb)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)がある。比重、原料コストの点から適宜選択すると良い。

結晶構造を、 c/a が0.9～1.1の体心正方晶または体心立方晶としたが、両者を厳密に区別する必要は必ずしもない。ほぼ体心立方晶と考えられる構造をしていれば十分である。

(2) 特定組成からみたチタン合金部材

次に、本発明者は、前述の優れた加工性、低ヤング率および高強度を備えるチタン合金部材が、特定のパラメータを満足する特定の組成からなることを、膨大な数の試験を行って突きとめ、本発明を完成させた。

すなわち、本発明のチタン合金部材は、 $DV-X\alpha$ クラスタ法により求まるパラメータであるd電子軌道のエネルギーレベルMdに関し置換型元素の組成平均値が $2.43 < Md < 2.49$ となり結合次数Boに関し置換型元素の組成平均値が $2.86 < Bo < 2.90$ となる特定組成の、チタンと合金元素とからなることを特徴とする。

現状では、その詳細な発現メカニズム等は明確ではないが、チタン合金部材が、上記の $2.43 < Md < 2.49$ かつ $2.86 < Bo < 2.90$ という極限られた範囲の特定組成からなるときに、前述した優れた特性を発揮することが解った。

(3) 転位密度からみたチタン合金部材

さらに、本発明者は、前述の優れた加工性、低ヤング率または高強度を備えるチタン合金部材（特に、冷間加工部材）が、結晶内部に殆ど転位（線状の格子欠陥）を有さないことを発見し、本発明を完成させた。

すなわち、本発明のチタン合金部材は、50%以上の冷間加工を施したときに結晶粒内部の転位密度が $10^{11}/\text{cm}^2$ 以下であることを特徴とする。

従来、金属の塑性変形は、すべり変形または双晶変形として説明されてきた。特に、従来の β -チタン合金では、すべり変形による塑性変形が支配的であり、このすべり変形は、前記転位の移動により説明されてきた。その転位は、冷間加工率が増加するほど増加して、加工硬化を生じるのが一般的であった。このため、従来のチタン合金材料に、中間焼鈍等を行わずに加工率の大きな冷間加工を施すと、割れ等を生じることが多かった。

しかし、本発明のチタン合金部材の場合、熱処理等を施さない場合でも、繰返し冷間加工を施すことができ、冷間加工率が大きくなっても割れ等を生じることがない。現状では、この理由が定かではないが、前記転位密度からして、従来の金属材料と異なる機構により塑性変形が生じていると考えら得る。

いずれにしても、本発明のチタン合金部材は、著しく冷間加工性に優れるため

、チタン合金部材の（材料）歩留りや生産性の向上に有効であり、また、各種製品に利用できそれらの設計自由度を拡大させ得る。

（４）チタン合金部材の製造方法

本発明者は、前述したチタン合金部材と併せて、それを効率的に製造できる製造方法も開発した。

すなわち、本発明のチタン合金部材の製造方法は、 $DV-X\alpha$ クラスタ法により求まるパラメータである d 電子軌道のエネルギーレベル Md に関し置換型元素の組成平均値が $2.43 < Md < 2.49$ となり結合次数 Bo に関し置換型元素の組成平均値が $2.86 < Bo < 2.90$ となる特定組成の、チタンと合金元素とからなる原料を調製する調製工程と、該調製工程後の原料からなるチタン合金部材を形成する部材形成工程と、を備えることを特徴とする。

本発明の調製工程によれば、前述の優れた加工性、高強度または低ヤング率を発揮するチタン合金部材の組成を容易に特定でき、そのチタン合金部材が確実に、効率よく製造される。

なお、本明細書中でいう「高強度」とは、引張強度または後述の引張弾性限強度が大きいことを意味する。また、「低ヤング率」とは、後述の平均ヤング率が、従来の金属材料のヤング率に対して小さいことを意味する。

図面の簡単な説明

図１は、Schlutzの反射法による極点図の測定方法について、概略を示した模式図である。

図２は、実施例に係る試料No. ２のX線回折結果を示す図である。

図３は、実施例に係る試料No. １の極点図である。

図４は、実施例に係る試料No. ４の極点図である。

図５は、実施例に係る試料No. ５の極点図である。

図６は、実施例に係る試料No. ２の極点図である。

図７は、実施例に係る試料No. ３の極点図である。

図８は、比較試料の極点図である。

図９は、重み関数 W の定義に関する説明図である。

図10は、実施例に係る試料No. 1の金属組織を示すTEM（明視野像）写真である。

図11は、実施例に係る試料No. 1'の金属組織を示すTEM（明視野像）写真である。

図12は、実施例に係る試料No. 1の金属組織を示すTEM（暗視野像： -16.3° ）写真である。

図13は、実施例に係る試料No. 1の金属組織を示すTEM（暗視野像： 6.1° ）写真である。

図14Aは、本発明に係るチタン合金部材の応力-歪み線図を模式的に示した図である。

図14Bは、従来のチタン合金の応力-歪み線図を模式的に示した図である。

発明を実施するための最良の形態

A. 実施の形態

以下に、実施形態を挙げつつ、本発明のチタン合金部材について詳しく説明する。

なお、前述した前記集合組織からなるチタン合金部材と、転位密度を有するチタン合金部材と、d電子軌道のエネルギーレベルと結合次数によって特性される組成を有するチタン合金部材と、チタン合金部材の製造方法との各構成要素は、それぞれのチタン合金部材またはその製造方法との間で選択的に適宜組合わせ可能である。また、後述する各限定要素についても、それらのチタン合金部材またはその製造方法の各構成要素について、適宜、選択的に組合わせ可能であることを断っておく。

（1）集合組織

集合組織は、多結晶体に（強）加工を施したときにできる、各結晶が優先方位をもつ変形集合組織である。この集合組織には、加工集合組織の他、加工集合組織を再結晶させたときにできる再結晶集合組織等も含まれる。

この集合組織の測定は種々の方法によりなされるが、ここでは、一般的なSchultzの反射法を用いてステレオ投影によって得られる極点図から集合組織

の様子を解明した。このSchlutzの反射法による極点図の測定法の概要を図1に示す。

また、極点図上の各測定値を統計処理し平均値 (X_m) 回りの二次または三次のモーメント (ν_2 、 ν_3) を、それぞれ平均値の2乗または3乗 (X_m^2 、 X_m^3) で割った値 (ν_2/X_m^2 、 ν_3/X_m^3) を用いたのは、他の材料との客観的比較を容易にするためである。

ここで ν_2/X_m^2 は、測定値の偏りを示す。 ν_2/X_m^2 が0.3未満では、極点図における(110)面もしくは(101)面の偏りが大きくないことを意味し、弾性異方性が十分ではなく、好ましくない。

また、 ν_3/X_m^3 は、それが正数の範囲で大きい場合、測定値が平均値 (X_m) よりも大きい領域で突出していることを示す。 ν_3/X_m^3 が0.3未満であれば、極点図上での(110)面もしくは(101)面の特定部分における集中が大きくないことを意味し、材料の持つ弾性異方性が十分でなく、好ましくない。

一方、 ν_2/X_m^2 が0.3以上で、かつ、 ν_3/X_m^3 が0.3以上であれば、(110)面もしくは(101)面の偏りが十分大きく、かつ特定部分における集中が十分であり、弾性異方性の十分大きい好ましい材料であると考えられる。 ν_2/X_m^2 が0.4以上、0.5以上または0.6以上で、 ν_3/X_m^3 が0.4以上、0.5以上または0.6以上であればより好ましい。

本発明のチタン合金部材はこの(110)面もしくは(101)面の集中する部分が極点図上の一部分に限定されていることが特徴的であり、これが、このチタン合金部材の弾性異方性の「異方」的な特徴を反映したものであると考えることができる。

特に、「 $55^\circ < \alpha' < 65^\circ$ と加工方向に沿った β との範囲で測定した測定値中に平均値の1.6倍 ($1.6 X_m$) 以上の測定値」が含まれれば、好ましい異方性を有した材料特性をもつ部材であると判断され得る。平均値の1.8倍以上、さらには平均値の2.5倍以上の測定値があるとより望ましい。

なお、チタン合金部材が、このような集合組織に加えて、結晶粒の内部の転位密度が $10^{11}/\text{cm}^2$ 以下である50%以上の冷間加工組織を有すると、より低

ヤング率化して好適である。

(2) 組成

①本発明のチタン合金部材は、侵入型元素、例えば、酸素(O)と窒素(N)と炭素(C)とからなる侵入型元素群中の1種以上の元素を合計で0.25~2.0重量%含むと好適である。そして、その合計を0.3~1.8重量%、0.6~1.5重量%とするとより好ましい。特に、その合計を0.6重量%を超えて、2.0重量%以下、1.8重量%以下または1.5重量%以下とすると一層好ましい。

酸素、窒素および炭素は侵入型固溶元素であり、固溶強化により高強度のチタン合金が得られると一般的にいわれている。一方、それらの元素の固溶量が増えると、チタン合金が脆化することが知られていた。そこで、従来のチタン合金の場合、含有酸素量等は、高々0.25重量%程度までしか許容できなかった。しかも、チタン合金の場合、その範囲に酸素量等を管理するために特別な注意が払われ、製造コストを引き上げる大きな要因となっていた。

しかし、本発明者はこのような常識を覆し、本発明に係るチタン合金が、従来になく多量のOやNやCを含有しても、著しく強靱かつ、高弾性変形能を発揮することを発見した。この発見は、チタン合金の業界では画期的であり、学術的にも非常に有意義なものである。その詳細な理由等は明確ではないが、その解明に向けて現在鋭意究明中である。なお、本発明のチタン合金部材の場合、多量の酸素、窒素あるいは炭素の含有によって特性が向上するため、酸素量等を厳しく管理する必要も無くなった。従って、このようなチタン合金部材の特徴は、その生産性ならびに経済性を向上させる上でも好ましい。

もっとも、酸素、窒素あるいは炭素があまり少ないと、十分な高強度化を図れず、逆にそれらの元素があまりに多いと、チタン合金部材の靱性や延性の低下を招き、好ましくないことは言うまでもない。

なお、前記各元素の組成範囲を「x~y重量%」という形式で示したが、これは特に断らない限り、下限値(x)および上限値(y)も含む。

(3) d電子軌道のエネルギーレベルと結合次数

d電子軌道のエネルギーレベルと結合次数は、DV-X α クラスタ法により求

められる置換型（合金）元素固有のパラメータである。

DV-X α クラスタ法とは、分子軌道法的一种であり、合金元素の回りの局所的な電子状態を巧みにシミュレートできる方法である（参考文献；量子材料化学入門、足立裕彦著、三共出版（1991年））。

具体的には、各結晶格子に対応したクラスター（結晶中の仮想分子）を用いて模型を作成し、中心の置換型合金元素Mを変えて、Mと母合金X（本件の場合、XはTiとなる。）との化学結合の様子を調べる。そして、DV-X α クラスタ法は、合金成分としてのMが母合金中で示す個性を表す合金パラメータを求める手法である。遷移金属を主体とする材料に限れば、d電子軌道のエネルギーレベルMd（の組成平均値）と結合次数Bo（の組成平均値）との2つのパラメータが、実用上有効であると言われている。

なお、d電子軌道のエネルギーレベルMdは、置換型合金元素Mのd軌道のエネルギーレベルを示し、原子の電気陰性度や原子半径と相関をもっているパラメータである。結合次数Boは、母合金元素Xと置換型合金元素Mの間の電子雲の重なり度合を表すパラメータである。

前述したように、詳細な理由は定かではないが、 $2.43 < Md < 2.49$ かつ $2.86 < Bo < 2.90$ となる複数の元素から本発明のチタン合金部材が構成されるとき、前述した優れた特性が得られた。

そして、 $2.45 < Md < 2.48$ 、さらには、 $2.46 < Md < 2.47$ とし、 $2.865 < Bo < 2.885$ さらには、 $2.87 < Bo < 2.88$ とすると、より好ましい。

なお、これらのパラメータを満たす特定組成として、例えば、Va族元素を20～50重量%含み残部をチタンとするチタン合金が考えられる。但し、前記パラメータの範囲は狭いため、その組成範囲に含まれる全てのチタン合金が前記パラメータを満たす訳ではないことを断っておく。

また、前述の集合組織に関連してこのパラメータをみると、Md値が2.49以上またはBo値が2.86以下では、体心立方晶（bcc）あるいは体心正方晶（bct）が不安定となる。そして、組織の一部が稠密六方晶（hcp）に変化するため、冷間加工性が低下する。また、Md値が2.43以下またはBo値

が2.90以上では、原子間結合力が増大し、冷間加工性の低下やヤング率の上昇を招く。

(4) 冷間加工と転位密度

①「冷間」とは、チタン合金の再結晶温度（再結晶を起す最低の温度）以下を指す。例えば、50%以上の冷間加工とは、次式により定義される冷間加工率が50%以上の場合をいう。

$$\text{冷間加工率} = (S_0 - S) / S_0 \times 100 (\%)$$

(S_0 : 冷間加工前の断面積、 S : 冷間加工後の断面積)

なお、チタン合金（材料）を冷間加工したときに得られる組織を、本明細書では冷間加工組織と呼ぶ。

②転位密度は、単位面積あたりの転位の数であり、例えば、電子線やX線の回折現象を利用して内部の変形組織を観察することにより求めることができる。

前述したように、本発明のチタン合金部材は、冷間加工を施したとしても、通常の方法では観測が困難な程、転位密度が少なく、従来の金属材料とは異なる未知のメカニズムで塑性変形が生じていると考えられる。その結果、加工割れ等を起さずに、著しい範囲まで（冷間）加工を行える。そして、従来では成形困難な形状のものでも、本発明のチタン合金部材によれば、冷間で歩留り良く、塑性加工を行うことができると考えられる。

50%以上の冷間加工を施した場合を先に取上げて説明したが、冷間加工の程度は、70%以上でも、さらには、90%以上、99%以上でも良い。そして、転位密度は、 $10^7 / \text{cm}^2$ 以下ともなり得る。

(5) 製造方法

①前述したように、本発明の製造方法は、調製工程と部材形成工程とからなる。

調製工程は、前述のパラメータMd、Boを満たすように、組成元素の種類と各元素量とを選択決定して、原料を調製する工程である。

但し、この調製工程における原料組成が、最終的なチタン合金部材の元素組成と完全に一致するとは限らない。後続の部材形成工程等で混入、脱落する合金元素もあり得るからである。従って、その場合は、最終的なチタン合金部材の元素組成が前述の $2.43 < Md < 2.49$ と $2.86 < Bo < 2.90$ とを満足す

るように、原料を調製すると良い。なお、置換型合金元素として、例えば、ニオブ、タンタル、バナジウム、ジルコニウム、ハフニウム等があり、原料がそれらの少なくとも一種以上の元素を含むと、好適である。

部材形成工程は、原料を溶解してから部材を形成する溶解法でも、原料粉末を焼結させる焼結法でも良い。

例えば、溶解法の場合なら、前記部材形成工程は、前記調製工程後の前記原料から溶製材を製作する溶製工程となる。この溶製工程は、アーク溶解、プラズマ溶解、インダクションスカル等で溶解したチタン合金を（溶解工程）、金型等に鑄造して行うことで実現できる（鑄造工程）。

また、焼結法の場合なら、前記調製工程が、前記特定組成となる原料粉末を調製する粉末調製工程であり、前記部材形成工程が、該粉末調製工程後の該原料粉末から焼結材を製作する焼結工程となる。

粉末調製工程で用いる原料粉末は、チタン粉末、合金元素粉末または合金粉末からなる混合粉末でも良いし、前記特定組成（または、その特定組成に近い組成）をもつ一種の合金粉末からなるものでも良い。

焼結工程は、例えば、混合粉末を成形用金型に充填し（充填工程）、その混合粉末を加圧成形して成形体とし（成形工程）、その成形体を加熱、焼結させて（加熱工程）行うことができる。また、成形工程は、CIP（冷間静水圧成形）を用いて行うこともできる。また、成形工程と加熱工程とをHIP（熱間静水圧成形）により行っても良い。

なお、チタンを溶解させる場合、特殊な装置を必要とし、多重溶解等を行う必要がある。溶解中の組成コントロールも難しく、特にV族元素等を多量に含有する場合、溶解・鑄造時にマクロ的な成分の偏析が生じ易い。従って、安定した品質のチタン合金部材を効率良く生産する上で、現状では焼結法がより好ましいと考える。もっとも、溶解法でも、例えば、後述の実施例で説明する方法等を用いることにより、十分な品質のチタン合金部材を生産できる。

また、焼結法を用いると、緻密なチタン合金部材を得ることもでき、製品形状が複雑であってもネットシェイプが可能となる。

②こうして得られた前記焼結材や溶製材に、前述した冷間加工を施すと、チタン

合金部材のさらなる高強度化や低ヤング率化を図ることが可能となる。

そこで、本発明の製造方法は、さらに、前記焼結材または溶製材を冷間加工する冷間加工工程を備えると好適である。

また、さらに熱間加工工程を適宜追加しても良い。特に、焼結材の場合、熱間加工することにより、その組織を緻密化させることができる。この熱間加工工程は、加熱焼結工程後、冷間加工工程前に行うことが好ましい。

冷間加工工程や熱間加工工程は、所望するチタン合金部材の形状に合わせて行うと、より生産性が向上する。なお、本発明でいう部材形成工程に、冷間加工工程や熱間加工工程を含めて考えても良い。

③また、冷間加工工程後に時効処理工程を施すことにより、後述の高弾性変形能、高引張弾性限強度等に優れる、高強度のチタン合金部材が得られることを本発明者は見出した。

但し、時効処理を施す前に、再結晶温度以上での溶体化処理を行っても良いが、冷間加工によりチタン合金内に付与された加工歪の影響が喪失されるため、冷間加工工程後に直接、時効処理工程を行った方が、より高特性が得られる。

時効処理条件には、(a) 低温短時間時効処理 (150～300℃)、(b) 高温長時間時効処理 (300～600℃) 等がある。

前者によれば、引張弾性限強度を向上させつつ、平均ヤング率を維持または低下させることができ、高弾性変形能のチタン合金が得られる。後者によれば、引張弾性限強度の上昇に伴い、平均ヤング率は若干上昇するが、それでも平均ヤング率は95 GPa以下である。つまり、この場合でも、平均ヤング率の上昇レベルは非常に低く、高弾性変形能で高引張弾性限強度のチタン合金が得られる。

さらに、本発明者は、膨大な数の試験を繰返すことにより、その時効処理工程が、処理温度150～600℃の範囲で、次式に基づいて処理温度 (T℃) と処理時間 (t時間) とから決定されるパラメータ (P) が8.0～18.5となる工程であると、好ましいことを見出した。

$$P = (T + 273) \cdot (20 + \log_{10} t) / 1000$$

このパラメータPは、ラーソン・ミラー (Larson-Miller) パラメータであり、熱処理温度と熱処理時間との組合せで決まり、時効処理工程 (熱

処理)の条件を指標するものである。

このパラメータPが8.0未満では、時効処理を施しても、好ましい材料特性は得られず、パラメータPが18.5を超えると、引張弾性限強度の低下、平均ヤング率の上昇または弾性変形能の低下を招き、好ましくない。

なお、この時効処理工程前に行う冷間加工工程が、冷間加工率を10%以上とするものであるとより好適である。

そして、所望するチタン合金部材の特性に応じて、前記時効処理工程を、前記処理温度が150℃～300℃の範囲で前記パラメータPが8.0～12.0となる工程とし、この時効処理工程後に得られるチタン合金部材の引張弾性限強度が1000MPa以上、弾性変形能が2.0%以上および平均ヤング率が75GPa以下となるようにしても良い。

また、同様に、前記時効処理工程を、前記処理温度が300℃～500℃の範囲で前記パラメータPが12.0～14.5となる工程とし、時効処理工程後に得られるチタン合金部材の引張弾性限強度が1400MPa以上、弾性変形能が1.6%以上および平均ヤング率が95GPa以下となるようにしても良い。

なお、本明細書中では、特に断らない限り、「x～y」という数値範囲は、下限値xと上限値yとを含むものである。

(5) 引張弾性限強度、弾性変形能および平均ヤング率

引張弾性限強度は、引張試験において、永久伸び(歪み)が0.2%に到達したときに負荷していた応力と定義される。弾性変形能とは、この引張弾性限強度における試験片の変形量である。平均ヤング率とは、厳密な意味でのヤング率の「平均」を指すものではなく、本発明のチタン合金部材を代表するヤング率という意味である。具体的には、前記引張試験で得られた応力-歪み線図において、前記引張弾性限強度の1/2に相当する応力位置における曲線の傾き(接線の傾き)である。

ちなみに、引張強度は、前記引張試験において、試験片の最終的な破断直前の荷重を、その試験片の平行部における試験前の断面積で除して求めた応力である。

以下に、本発明のチタン合金部材に関する引張弾性限強度と平均ヤング率とに

ついて、以下に図 1 4 A、図 1 4 Bを用いて詳述する。

図 1 4 Aは、本発明に係るチタン合金部材の応力－歪み線図を模式的に示した図であり、図 1 4 Bは、従来のチタン合金（Ti－6Al－4V合金）の応力－歪み線図を模式的に示した図である。

①図 1 4 Bに示すように、従来の金属材料では、先ず、引張応力の増加に比例して伸びが直線的に増加する（①’－①間）。そして、その直線の傾きによって従来の金属材料のヤング率は求められる。換言すれば、そのヤング率は、引張応力（公称応力）をそれと比例関係にある歪み（公称歪み）で除した値となる。

このように応力と歪みとが比例関係にある直線域（①’－①間）では、変形が弾性的であり、例えば、応力を除荷すれば、試験片の変形である伸びは 0 に戻る。しかし、さらにその直線域を超えて引張応力を加えると、従来の金属材料は塑性変形を始め、応力を除荷しても、試験片の伸びは 0 に戻らず、永久伸びを生じる。

通常、永久伸びが 0.2% となる応力 σ_p を 0.2% 耐力と称している（JIS Z 2241）。この 0.2% 耐力は、応力－歪み線図上で、弾性変形域の直線（①’－①：立ち上がり部の接線）を 0.2% 伸び（歪み）分だけ平行移動した直線（②’－②）と応力－歪み曲線との交点（位置②）における応力でもある。

従来の金属材料の場合、通常、「伸びが 0.2% 程度を超えると、永久伸びになる」という経験則に基づき、0.2% 耐力≒引張弾性限強度と考えられている。逆に、この 0.2% 耐力内であれば、応力と歪みとの関係は概ね直線的または弾性的であると考えられる。

②ところが、図 1 4 Aの応力－歪み線図からも解るように、このような従来の概念は、本発明のチタン合金部材には当てはまらない。理由は定かではないが、本発明のチタン合金部材の場合、弾性変形域において応力－歪み線図が直線とはならず、上に凸な曲線（①’－②）となり、除荷すると同曲線①－①’に沿って伸びが 0 に戻ったり、②－②’に沿って永久伸びを生じたりする。

このように、本発明のチタン合金部材では、弾性変形域（①’－①）ですら、応力と歪みとが直線的な関係になく（つまり、非線形であり）、応力が増加すれ

ば、急激に歪みが増加する。また、除荷した場合も同様であり、応力と歪みとが直線的な関係になく、応力が減少すれば、急激に歪みが減少する。このような特徴が本発明のチタン合金部材の高弾性変形能として発現していると思われる。

ところで、本発明のチタン合金部材の場合、図14Aからも解るように、応力が増加するほど応力-歪み線図上の接線の傾きが減少している。このように、弾性変形域において、応力と歪みとが直線的に変化しないため、従来の方法で本発明のチタン合金部材のヤング率を定義することは適切ではない。

また、本発明のチタン合金部材の場合、応力と歪みとが直接的に変化しないため、従来と同様の方法で0.2%耐力(σ_p')≡引張弾性限強度と評価することも適切ではない。つまり、従来の方法により求まる0.2%耐力では、本来の引張弾性限強度よりも著しく小さい値となってしまう。従って、本発明のチタン合金部材の場合、従来の0.2%耐力≡引張弾性限強度と考えることはできない。

そこで、本来の定義に戻って、本発明のチタン合金部材の引張弾性限強度(σ_e)を前述したように求めた(図14A中の②位置)。また、本発明のチタン合金部材のヤング率として、前述の平均ヤング率の導入を考えた。

なお、図14Aおよび図14B中、 σ_t は引張強度であり、 ε_e は本発明に係るチタン合金部材の引張弾性限強度(σ_e)における歪みであり、 ε_p は従来の金属材料の0.2%耐力(σ_p)における歪みである。

③本発明のチタン合金部材がこのように特異で優れた特性を、何故発現するかについては、上述したように現状明かとはなっていない。もともと、本発明者による懸命な調査研究から、次のように考え得る。

本発明者は、本発明に係るチタン合金部材の一試料を調査した。その結果、本発明に係るチタン合金部材は、冷間加工が施されても、前述したように、転位がほとんど導入されず、一部の方向に(110)面が非常に強く配向した組織を呈していることが明らかになった。しかも、TEM(透過電子顕微鏡)で観察した111回折点を用いた暗視野像において、試料の傾斜と共に像のコントラストが移動していくのが観察された。これは観察している(111)面が大きく湾曲していることを示唆しており、これは、高倍率の格子像直接観察によっても確認さ

れた。しかも、この(111)面の湾曲の曲率半径は500～600nm程度と極めて小さなものであった。このことは、本発明のチタン合金部材が、転位の導入ではなく、結晶面の湾曲によって加工の影響を緩和するという、従来の金属材料では全く知られていない性質を有することを意味している。

また、転位は、110回折点を強く励起した状態で、極一部に観察されたが、110回折点の励起をなくすとほとんど観察されなかった。これは、転位周辺の変位成分が著しく<110>方向に偏っていることを示しており、本発明のチタン合金部材は非常に強い弾性異方性を有することを示唆している。この弾性異方性が、本発明に係るチタン合金部材の優れた冷間加工性、低ヤング率、高弾性変形能、高強度の発現等と密接に関係していると考えられる。

④こうして、本発明のチタン合金部材によれば、組成や熱処理等を適宜選択することにより、平均ヤング率を、70GPa以下、65GPa以下、60GPa以下さらには55GPa以下とすることができる。また、引張弾性限強度を、750MPa以上、800MPa以上、850MPa以上、900MPa以上、1000MPa以上、1400MPa以上、1500MPaさらには2000MPa以上とすることもできる。

(6) 用途

本発明のチタン合金部材は、その優れた加工性、低ヤング率、高強度または異方性等を利用して、さらには、その軽量性や耐食性等と組合わせて、種々の製品に種々の形態で応用され得る。

例えば、自動車、装身具、スポーツ・レジャ用品、医療器材等の製品、その製品の一部、その素材（線材、板材等）等として有効である。具体的には、次のような製品の全部または一部を構成し、または、そのような製品の素材として用いられる。

例えば、ゴルフクラブ（特にドライバーのフェース部やシャフト部）、生体関連品（人工骨や人工関節等）、カテーテル、携帯品（眼鏡、時計（腕時計）、バレッタ（髪飾り）、ネックレス、ブレスレット、イヤリング、ピアス、指輪、ネクタイピン、ブローチ、カフスボタン、バックル付きベルト、ライター、万年筆、キーホルダー、鍵、ボールペン、シャープペンシル等）、携帯情報端末（携帯

電話、携帯レコーダ、モバイルパソコン等のケース等)、サスペンション用またはエンジンバルブ用のコイルスプリング、伝動ベルト(CVTのフープ等)等である。

B. 実施例

以下に実施例及び比較例を示し、本発明を具体的に説明する。

(実施例)

本発明の製造方法を用いて、以下に述べる本実施例に係る各試料を製作した。

(1) 焼結材(試料No. 1~10)

原料として、市販の水素化・脱水素Ti粉末(−#325、−#100)と、置換型元素であるNb粉末(−#325)、Ta粉末(−#325)、V粉末(−#325)、Hf粉末(−#325)およびZr粉末(−#325)を利用した。侵入型元素である酸素は、Oを含む前記Ti粉末または前記Ti粉末を大気中で熱処理してOを含有させた高酸素Ti粉末により調製した。もともと、酸素量の管理は容易ではないため、意識的に酸素量を調整しない限り、0.15~0.20重量%程度のOは不可避不純物としてチタン合金中に混入し得る。因みに、高酸素Ti粉末は、前記Ti粉末を、200℃~400℃×30分~128時間、大気中加熱することで得られる。

これらの原料粉末を適宜選択して、前記パラメータMd、Boを満足するように配合および混合し、所望する各試料に応じた種々の組成からなる混合粉末を調製した(粉末調製工程)。各試料の具体的な組成は後述する。なお、各原料粉末の混合には、V型混合機を使用したか、ボールミル及び振動ミル、高エネルギーボールミル等を使用しても良い。

この混合粉末を圧力4 t o n / c m²でCIP成形(冷間静水圧成形)し、成形体を得た(成形工程)。得られた成形体を1×10⁻⁵ t o r rの真空中で1300℃×16時間加熱して焼結させ、焼結体(チタン合金インゴット)とした(焼結工程、部材形成工程)。

①冷間スウェージ部材(試料No. 1、4~10)

上述の焼結プロセスにより製作したφ55mmのチタン合金インゴットを熱間加工によってφ15mmまで加工した(熱間加工工程)。それを冷間スウェージ

にて $\phi 4\text{ mm}$ にまで加工した後（第1冷間加工工程）、 900°C で歪み取り焼鈍を行った（焼鈍処理工程）。こうして得た $\phi 4\text{ mm}$ 素材を、さらに、所望の冷間加工率となるように冷間スウェージ加工した（第2冷間加工工程）。

以降、各試料ごとに、組成と冷間加工率とを説明する。

（a）試料No. 1、4

試料No. 1（Ti-30Nb-10Ta-5Zr-0.4O（0.4重量%の酸素）：割合は重量%、以下同様）と、試料No. 4（Ti-35Nb-2.5Ta-7.5Zr-0.4O）とは、前記素材を $\phi 4\text{ mm}$ から $\phi 2\text{ mm}$ へ、さらに冷間加工したものである。両試料の冷間加工率は75%となる。

（b）試料No. 5

試料No. 5（Ti-35Nb-9Zr-0.4O）は、前記素材を $\phi 4\text{ mm}$ から $\phi 2.83\text{ mm}$ へ、さらに冷間加工したものである。この試料の冷間加工率は50%となる。

（c）試料No. 6-1~6-5

酸素量のみ異なる試料No. 6-1~6-5（Ti-12Nb-30Ta-7Zr-2V-xO：xは変数）は、前記素材を $\phi 4\text{ mm}$ から $\phi 1.26\text{ mm}$ へ、さらに冷間加工したものである。各試料の冷間加工率は90%となる。なお、各試料の酸素量については表2に記載した。

（d）試料No. 7~10

試料No. 7~10は、それぞれ組成が異なるが、前記素材を $\phi 4\text{ mm}$ から $\phi 1.79\text{ mm}$ へ冷間加工したものである点で共通する。各試料の冷間加工率は80%となる。

各試料の組成は、試料No. 7（Ti-28Nb-12Ta-2Zr-4Hf-0.8O）、試料No. 8（Ti-17Nb-23Ta-8Hf-0.53O）、試料No. 9（Ti-14Nb-29Ta-5Zr-2V-3Hf-1O）、試料No. 10（Ti-30Nb-14.5Ta-3Hf-1.2O）である。

②冷間圧延部材（試料No. 2、3）

試料No. 1と同組成のチタン合金インゴット（厚さ4mm）を冷間圧延して

、厚さ0.9 mmの板材（試料No. 2）と厚さ0.4 mmの板材（試料No. 3）とを得た（冷間加工工程）。それぞれの冷間加工率は、94%と97.3%となる。

このときの冷間加工は、中間焼鈍なしで、冷間圧延機を用いて行った。具体的には、試料No. 2の場合、板厚0.9 mmになるまで0.5 mmパスを通した。試料No. 3は、パスを調整しながらその板材をさらに加工し、板厚0.4 mmとしたものである。

（2）溶製材（試料No. 11、12）

チタン原料として、市販の顆粒状スポンジチタン（粒径3 mm以下）を用いた。置換型合金元素の原料として、Nb粉末（－#325）、Ta粉末（－#325）、V粉末（－#325）およびZr粉末（－#325）を混合し、この混合粉末を圧力2 ton/cm² で金型成形し、これを粒径3 mm以下の顆粒状に粉砕したものをを用いた。このとき、置換型合金元素の組成は、所望する試料に応じて、前述したパラメータMd、Boを満足するように前記原料粉末を配合し、混合して調整した。

こうして得た各顆粒状原料を所定の割合で均一に混合し、インダクションスケル法にて溶解し、1800℃で20分間保持した後、金型鑄造によりインゴットとした（部材形成工程、溶製工程または溶解鑄造工程）。

ここで、置換型合金成分原料を粉末成形体から製造することとしたのは、置換型合金元素の各融点は極めて高く、また、それらは溶解鑄造時に偏析を起し易いため、それらに起因したチタン合金部材の品質低下を極力回避するためである。なお、侵入型元素である酸素は、前記スポンジチタンに含まれるOで調製した。

この溶解プロセスにより製作したφ55 mm×200 mmの金型鑄造インゴットを、1000℃で熱間加工しφ15 mmとした（熱間加工工程）。それを冷間スウェージにてφ4 mmにまで加工した後（第1冷間加工工程）、900℃で歪み取り焼鈍を行った（焼鈍処理工程）。こうして得たφ4 mm素材をさらに冷間加工してφ1.26 mmとした（第2冷間加工工程）。この場合の冷間加工率は90%となる。

こうして、溶製材である試料No. 11、12を製作した。試料No. 11と

試料No. 12とは、前記試料No. 6と置換型合金成分が同一であるが、酸素量のみ異なる ($Ti-12Nb-30Ta-7Zr-2V-xO$: x は変数)。各試料の酸素量については表2に記載した。

(3) 時効処理材 (試料No. 13、14)

前記試料No. 6-3と同一の試験片に、さらに時効処理を施して、試料No. 13、14を製作した。

試料No. 13は、試料No. 6-3の第2冷間加工工程後に、 $250^{\circ}C \times 30$ 分間 (パラメータ $P=10.3$) の時効処理を施したものである。

試料No. 14は、試料No. 6-3の第2冷間加工工程後に、 $400^{\circ}C \times 24$ 時間 (パラメータ $P=14.4$) の時効処理を施したものである。

(比較例)

比較例として、組成が $Ti-22V-4Al$ (重量%) である冷間スウェージ材料 (商品名: DAT51) を用意した。このチタン合金の丸棒 ($\phi 150$ mm) を熱間加工にて $\phi 6$ mmにまで加工した。その後、冷間スウェージにて最終的に $\phi 4$ mmの線材として、比較試料とした。

(測定)

(1) 結晶構造

試料No. 1~12の結晶構造を回転対陰極型X線回折装置を用い、 40 kV、 70 mAの $CoK\alpha$ 線、モノクロメーター付の条件で通常の $\theta-2\theta$ 法により測定した。代表例として、試料No. 2における結果を図2に示す。

いずれの試料も、3本の回折線が確認されており、回折の結果、この結晶構造は体心立方晶であることが解った。但し、厳密には、図2のような場合、体心正方晶の可能性もあるが、両者を正確に区別することは困難であるし、その必要もない。

(2) 集合組織

①試料No. 1~12および比較試料の集合組織について、前述したSchlutzの反射法を用いて極点図を測定した。このときの測定条件を表1に示す。

表1

極点図の測定条件

使用X線	CoK α 線 (40kV, 70mA)	
測定方法	Schultzの反射法	
スリット	発散スリット(DS)	1/2°
	散乱スリット(SS)	2° (Feフィルタ付)
	受光スリット(RS)	4mm
	Schultzスリット	付
測定範囲	α' (図1参照)	20° ~ 90° (5° 毎)
	β (図1参照)	0° ~ 360° (5° 毎)

但し、測定し易いように、各試料の形態等を次のように調整した。

(a) 試料No. 1、4～12は、15mm程度に切断した6本の線材を、加工方向に関して同一方向に並べ、樹脂に埋め込み、断面積が最大になるところまで研磨して、測定用試料とした。

このとき用いた(110)回折反射の回折角は $2\theta = 44.9^\circ$ (試料No. 1、4) または $2\theta = 44.7^\circ$ (試料No. 5) であり、バックグラウンドとした部分の回折角はいずれも $2\theta = 49.0^\circ$ である。

このときの試料No. 1の(110)極点図を図3に、試料No. 4の(110)極点図を図4に、試料No. 5の(110)極点図を図5にそれぞれ示す。

なお、同図中、例えば、「1目盛1000cps」とあるのは、等高線の間隔の一つ分がX線回折強度の1000cpsに相当することを意味する(500cpsの場合も、以下同様である。))。

(b) 試料No. 2および試料No. 3は、各板材を放電加工により $\phi 26$ mm程度の円板状に切出して測定用試料とした。

それらの測定条件や(110)回折反射の回折角とバックグラウンドとした部分の回折角は、前記の場合と同様である。

このときの試料No. 2の(110)極点図を図6に、試料No. 3の(110)極点図を図7に示す。

(c) 比較試料は、加工方向に切った4本の線材を試料No. 1等と同様に樹脂に埋め込み、断面積が最大になるところまで研磨して測定用試料とした。

このとき用いた(110)回折反射の回折角は $2\theta = 46.2^\circ$ であり、バックグラウンドとした部分の回折角は $2\theta = 49.0^\circ$ である。

このときの(110)極点図を図8Aに示す。

②次に、この測定により、各試料ごとに得られた測定値(X)の分布(散らばりの程度)を、客観的、定量的に評価すべく、各試料ごとに統計処理を施し、平均値(X_m)回りの二次モーメント(ν^2)と三次モーメント(ν^3)とを算出した。それらの定義は、前述した通りである。

但し、それらの測定値に対して統計処理を行う場合、各測定点が極点図上で等価であるという前提が必要となる。本実施例では、表1に示したように α' 、 β

をそれぞれ 5° づつ、等角度で動かして測定しているため、極点図上で測定点は均等に分布されない。そこで、これを補正して各測定点を等価にするために、重み関数 W を導入して前述した各式の $(1/N)$ の替りに W を乗ずることとした。勿論、極点図上の測定点が均等に分布されていれば w は常に一定値となり、 $W = w / (\sum w) = 1/N$ と書くことができ重み関数 W が $1/N$ に等しくなる。

この重み関数 W は、図 9 に示すような一測定点（例えば、 w_i 、 w_j 、 w_k ）が極点図上で示す面積 w を用いて、下式のように定義される。これらの式をまとめて示す。

$$\text{平均値} \quad : X_m = \sum W X$$

$$\text{平均値 } (X_m) \text{ 回りの二次モーメント} : \nu^2 = \sum W (X - X_m)^2$$

$$\text{平均値 } (X_m) \text{ 回りの三次モーメント} : \nu^3 = \sum W (X - X_m)^3$$

$$\text{重み関数} \quad : W = w / (\sum w)$$

なお、異なる試料間の比較を容易にするために、上記の二次モーメント (ν^2) と三次モーメント (ν^3) とを、それぞれ平均値の二乗 (X_m^2) と平均値の三乗 (X_m^3) とで除した値を求めることとした。

また、総和 (\sum) の範囲は極点図上の全面積で求めることが理想的であるが、試料 No. 1 のような線材の場合、そのような極点図の測定は非常に困難である。そこで、表 1 に示した測定範囲を総和の範囲 ($20^\circ < \alpha' < 90^\circ$ 、 $0^\circ < \beta < 360^\circ$) とした。

こうして各試料について得られた結果を表 2 に示す。

③さらに、各試料ごとに、 $55^\circ < \alpha' < 65^\circ$ と加工方向に沿った β との範囲で測定した測定値の中で、最大のもの（最大値）を表 2 に併せて示した。但し、表 2 では、平均値 (X_m) をベースにした倍率で表示した。

(3) 転位密度等

①試料 No. 1 について TEM (透過電子顕微鏡) 観察を行うべく、FIB (集束イオンビーム) 装置またはイオンミリング装置を用いて、観察用薄膜を成形した。

その結晶粒内部の金属組織を TEM で観察した写真 (明視野像) を図 10 に示す。図 10 に示した写真から、明らかに線欠陥として認識できる転位はまったく

観察されなかった。この他、その結晶粒を回折コントラスト法で観察したところ、明らかに確認される転位は皆無であった。

また、試料No. 1の加工途中段階で製作した試料（試料No. 1'）について、TEMで観察した結晶粒内の金属組織の写真（明視野像）を図11に示す。この試料No. 1'は、熱間スウェージで $\phi 55\text{ mm}$ のインゴットを $\phi 15\text{ mm}$ まで加工したものである。

この図11に示した写真では、金属組織に転位が観察された。このときの転位密度を次の条件下で概算したところ、略 $10^{10}/\text{cm}^2$ であった。従って、転位密度は、多くとも $10^{11}/\text{cm}^2$ 以下と考えることができる。

観察範囲 : 縦 ($3\text{ }\mu\text{m}$) \times 横 ($4\text{ }\mu\text{m}$) \times 試料膜厚 ($0.07\text{ }\mu\text{m}$)

転位線総延長 : $3\text{ }\mu\text{m} \times 24\text{ 本}$

②また、上述の試料No. 1をTEMで観察した暗視野像の金属組織写真を図12および図13に示す。これら両写真は、同一場所を観察したものであるが、試料を傾斜させることにより、互いにほぼ 20° 程度の傾斜角を持たせて観察したものである。

両者とも、電子回折図形は(111)面を示している。しかし、110回折点を用いた暗視野像において、光る部分は 200 nm 程度移動していることが解る。これは、観察した(111)面が湾曲していることを示唆しており、両写真から計算したところ、その曲率半径は $500\sim 600\text{ nm}$ 程度であった。

③同様に、比較例である比較試料について転位密度を求めたところ、 $10^{15}/\text{cm}^2$ 以上となっていた。

(4) その他

①d電子軌道のエネルギーレベルMdと結合次数Bo

各試料について、DV-X α クラスタ法により、d電子軌道のエネルギーレベルMdの組成平均値と結合次数Boの組成平均値とを計算した。その結果を表2と表3とに示す。

②機械的特性

各試料について、平均ヤング率や引張強度等の機械的特性を求めた。その結果を表2と表3とに併せて示す。

これらの機械的特性は、インストロン試験機を用いて荷重と伸びとの関係を測定して、応力-歪み線図から求めた。インストロン試験機とは、インストロン（メーカ名）製の万能引張試験機であり、駆動方式は電気モータ制御である。

（評価および考察）

（１）極点図について

本発明のチタン合金部材に係る試料No. １～５の極点図（図３～７）と比較試料の極点図（図８）とを対照比較すると、次のことが解る。

①試料No. １～５については、一部の方向に（１１０）面が非常に強く配向していることが解る。つまり、そのチタン合金部材が非常に強い弾性異方性をもっていると推測される。

例えば、図３をみると、測定面全体に対して、測定値の偏りが非常に大きく、しかもある部分で測定値が非常に突出している。この突出は、加工方向に沿った $\alpha' = 60^\circ$ 付近、すなわち試料の法線方向から 30° 傾斜した方向に（１１０）面または（１０１）面が集中していることを示すものである。

この（１１０）面または（１０１）面の強い配向は、試料No. １の強い弾性異方性を反映したものと解釈し得る。この強い弾性異方性をもつ材料を冷間加工した結果、試料No. １では非常に剛性の高い結晶面（高剛性結晶面）が円筒状の外形に沿うように揃い、曲げ変形に対しては柔軟で、かつ長手方向に高強度を有するチタン合金部材になっていると考えられる。

また、試料No. ２と試料No. ３との極点図（図６、図７）を比較すると、加工率が大きくなるほど極点図における測定値の偏りが大きくなることが解る。つまり、加工率が高くなるほど、上述のものと同様に、高剛性結晶面の特定方向への配向が犬きくなることを示唆しており、柔軟かつ高強度という本発明に係るチタン合金部材の特長が、より強く現れると考えられる。

そして、このように弾性異方性の強いチタン合金部材は、高剛性の結晶面を有する一方で、変形の容易な低剛性の結晶面を有し、この変形の容易な結晶面の存在により、良好な加工性が得られると考えられる。

なお、現段階では、これらの考察は推測に過ぎず、詳細については未だ不明で

あることを断っておく。

②一方、比較試料の極点図（図 8）を観ると、測定値の偏りが比較的緩いことが解り、弾性異方性が本発明のチタン合金部材に比べて小さいと考えられる。

（2） $\nu 2 / X m^2$ および $\nu 3 / X m^3$

$\nu 2 / X m^2$ は、その値が大きい程、測定値（X）の偏りが大きいことを示す。また、 $\nu 3 / X m^3$ は、正数の範囲で大きい程、測定値（X）が平均値（ $X m$ ）よりも大きく突出した部分に分布することを示す。

①試料No. 1～12について観てみると、 $\nu 2 / X m^2$ および $\nu 3 / X m^3$ 共に比較的大きな値を示している。これは、極点図の測定面全体に対する測定値の偏りが大きいからであり、本発明のチタン合金部材の（110）結晶面が、特定方向に強く配向していることを示している。このように、 $\nu 2 / X m^2$ と $\nu 3 / X m^3$ とを用いることにより、集合組織の配向の程度を客観的に、また、定量的に評価できる。

極点図について述べたことと同様であるが、試料No. 2と試料No. 3とを比較すると、本発明のチタン合金部材は冷間加工率が大きくなる程、 $\nu 2 / X m^2$ および $\nu 3 / X m^3$ が大きくなり、（110）結晶面が特定方向に強く配向することが解る。

②比較試料について観ると、 $\nu 3 / X m^3$ が比較的小さい。これは、特定の位置における測定値の突出が小さいことを示しており、試料No. 1等に較べ、集合組織の配向の程度が小さいと思われる。

（3）金属組織写真について

①図12、13に示した金属組織写真から観察される（111）面の湾曲については既に触れたが、高分解能観察においても、同様に、やや湾曲した結晶面が観察された。

これから、本発明のチタン合金部材は、転位の導入によらずに、結晶面の湾曲によって加工の影響を緩和し、（冷間）加工性を向上させているのではないかと考えられる。

②また、図11に示した金属組織写真では、転位が110回折点を強く励起した状態で観察されているが、110回折点の励起をなくすとほとんど観察できなか

った。

このことは、図11に示す転位周辺の変位成分が著しく $\langle 110 \rangle$ 方向に偏っていることを示しており、これは、本チタン合金部材の非常に強い弾性異方性の現れであると言える。

このような特性が、上述のような結晶面の湾曲、ひいては、ゴムのような加工性の発生源となっているのではないかと考えられる。もっとも、詳細は未だ明らかではない。

(4) その他

①d電子軌道のエネルギーレベルMdおよび結合次数Bo

試料No. 1～14のチタン合金部材では、いずれも、MdとBoが、 $2.43 < Md < 2.49$ 、 $2.86 < Bo < 2.90$ の範囲にあり、良好な冷間加工性と低ヤング率との両立が図れていることが解る。

②機械的特性

試料No. 1等と比較試料とを比べると解るが、本発明のチタン合金部材は著しく低ヤング率であり、しかも、引張強度も十分に大きい。また、試料No. 13、14等からも解るように、優れた引張弾性限強度や弾性伸びを発揮する。従って、本発明のチタン合金部材は、著しい弾性変形能（約2.5%程度）を備える。これに対し、比較例のチタン合金の弾性変形能は、高々1%程度に過ぎず、不十分である。

③最後に、本発明のチタン合金部材と従来のチタン合金材との加工性を検討する。

従来のチタン合金材（DAT51）は、冷間加工後でも絞り性の劣化は少ないもの、冷間加工率が10～15%になると、急激な伸びの低下を生じた。これは、転位密度の増加が原因であると思われる（転位密度 $10^{15}/\text{cm}^2$ 以上）。

一方、本発明のチタン合金部材では、冷間加工率が99%以上であっても、急激な伸びの低下等はなく、冷間加工性が非常に良かった。

このように本発明のチタン合金部材は、加工性に優れ柔軟で高強度であるという、従来の材料では得られなかった特性を有する。それらの各特性を単独で、または相乗的に利用することにより、その用途を計り知れない程拡大することがで

きる。

表2

試料 No.	集合組織			置換型元素の組成		平均 ヤング率 (GPa)	引張強度 (MPa)	加工率 (%)	備考
	$\nu/2/Xm^2$	$\nu/3/Xm^3$	最大値 ($\times Xm$)	d 電子軌道の エネルギー レベル Md	結合次数 Bo				
1	0.593	0.940	4.310	2.462	2.876	46	1150	75	
2	0.481	0.342	2.810	2.462	2.876	43	1150	94	試料No. 1 と同組成
3	1.632	4.835	5.488	2.462	2.876	42	1170	97.3	試料No. 1 と同組成
4	0.446	0.422	3.399	2.467	2.880	48	1050	75	
5	0.408	0.326	1.890	2.471	2.879	47	950	50	
6-1	1.478	4.726	5.007	2.465	2.875	40	700	90	0:0.15
6-2	1.339	3.872	4.673	2.465	2.875	40	1080	90	0:0.25
6-3	1.415	4.315	5.117	2.465	2.875	42	1215	90	0:0.50
6-4	1.365	5.172	5.313	2.465	2.875	44	1400	90	0:0.65
6-5	1.503	4.072	4.988	2.465	2.875	44	1420	90	0:0.75
7	0.512	0.853	3.379	2.460	2.875	48	1378	80	
8	1.316	4.027	5.573	2.468	2.870	46	1165	80	
9	0.473	0.498	3.015	2.463	2.879	52	1420	80	
10	1.589	4.731	5.842	2.469	2.870	55	1580	80	
11	1.358	4.215	6.331	2.465	2.875	43	950	90	0:0.24 溶製材
12	1.526	3.913	5.786	2.465	2.875	46	1120	90	0:0.46 溶製材
比較例	0.480	0.289	3.238	2.485	2.968	80	900	55.5	DAT51

実施例

表3

	試料 No.	置換型元素の組成		平均 ヤング率 (GPa)	引張弾性限 強度 (MPa)	弾性伸び (%)	加工率 (%)	備考
		d 電子軌道の エネルギー レベル Md	結合次数 Bo					
実施例	13	2.465	2.875	41	1280	2.7	90	時効処理 (低温)
	14	2.465	2.875	90	1850	1.9	90	時効処理 (高温)

請求の範囲

1. 40重量%以上のチタン (Ti) と、該チタンを含めた合計が90重量%以上となる該チタン以外のIVa族元素および/またはVa族元素とを含み、
a軸上の原子間距離に対するc軸上の原子間距離の比(c/a)が0.9~1.1である体心正方晶または体心立方晶である結晶粒からなり、

該結晶粒の(110)または(101)結晶面の極点図をSchlutzの反射法にて $20^\circ < \alpha' < 90^\circ$ 、 $0^\circ < \beta < 360^\circ$ の範囲で加工方向を含む面に平行に測定し極点図上に均等に分布する各測定値(X)を統計処理したときに、下式で定義される平均値(X_m)回りの二次モーメント(ν_2)を平均値の2乗(X_m^2)で割った値(ν_2 / X_m^2)が0.3以上となり、下式で定義される平均値(X_m)回りの三次モーメント(ν_3)を平均値の3乗(X_m^3)で割った値(ν_3 / X_m^3)が0.3以上となり、さらに、 $55^\circ < \alpha' < 65^\circ$ と加工方向に沿った β との範囲で測定した測定値中に平均値の1.6倍($1.6 X_m$)以上の測定値が含まれる集合組織をもつことを特徴とするチタン合金部材。

$$\text{二次モーメント: } \nu_2 = \{ \sum (X - X_m)^2 \} / N$$

$$\text{三次モーメント: } \nu_3 = \{ \sum (X - X_m)^3 \} / N$$

(但し、Nはサンプリング数である。)

2. さらに、酸素(O)と窒素(N)と炭素(C)とからなる侵入型元素群中の1種以上の元素を合計で0.25~2.0重量%含む請求の範囲第1項記載のチタン合金部材。

3. 前記侵入型元素群中の1種以上の元素は、合計で0.6~1.5重量%である請求の範囲第2項記載のチタン合金部材

4. DV-X α クラスタ法により求まるパラメータであるd電子軌道のエネルギーレベルMdに関し置換型元素の組成平均値が $2.43 < Md < 2.49$ となり結合次数Boに関し置換型元素の組成平均値が $2.86 < Bo < 2.90$ とな

る特定組成の、チタンと合金元素とからなる原料を調製する調製工程と、
該調製工程後の原料からなるチタン合金部材を形成する部材形成工程と、
を備えることを特徴とするチタン合金部材の製造方法。

5. 前記調製工程は、前記特定組成となる原料粉末を調製する粉末調製工程であり、

前記部材形成工程は、該粉末調製工程後の該原料粉末から焼結材を製作する焼結工程である請求の範囲第4項記載のチタン合金部材の製造方法。

6. 前記部材形成工程は、前記調製工程後の前記原料から溶製材を製作する溶製工程である請求の範囲第4項記載のチタン合金部材の製造方法。

7. さらに、前記焼結材または溶製材を冷間加工する冷間加工工程を備える請求の範囲第5項または第6項に記載のチタン合金部材の製造方法。

8. 前記冷間加工工程は、冷間加工率を10%以上とする工程であり、
該冷間加工工程後に、さらに、処理温度が150℃～600℃の範囲でラーソン・ミラー (Larson-Miller) パラメータP (以降、単に「パラメータP」と称する。) が8.0～18.5となる時効処理を施す時効処理工程を備える請求の範囲第7項記載のチタン合金部材の製造方法。

9. 前記時効処理工程は、前記処理温度が150℃～300℃の範囲で前記パラメータPが8.0～12.0となる工程であり、

該時効処理工程後に得られるチタン合金部材の引張弾性限強度が1000MPa以上、弾性変形能が2.0%以上および平均ヤング率が75GPa以下となる請求の範囲第8項記載のチタン合金部材の製造方法。

10. 前記時効処理工程は、前記処理温度が300℃～600℃の範囲で前記パラメータPが12.0～14.5となる工程であり、

該時効処理工程後に得られるチタン合金部材の引張弾性限強度が1400 MPa以上、弾性変形能は1.6%以上および平均ヤング率が95 GPa以下である請求の範囲第8項記載のチタン合金部材の製造方法。

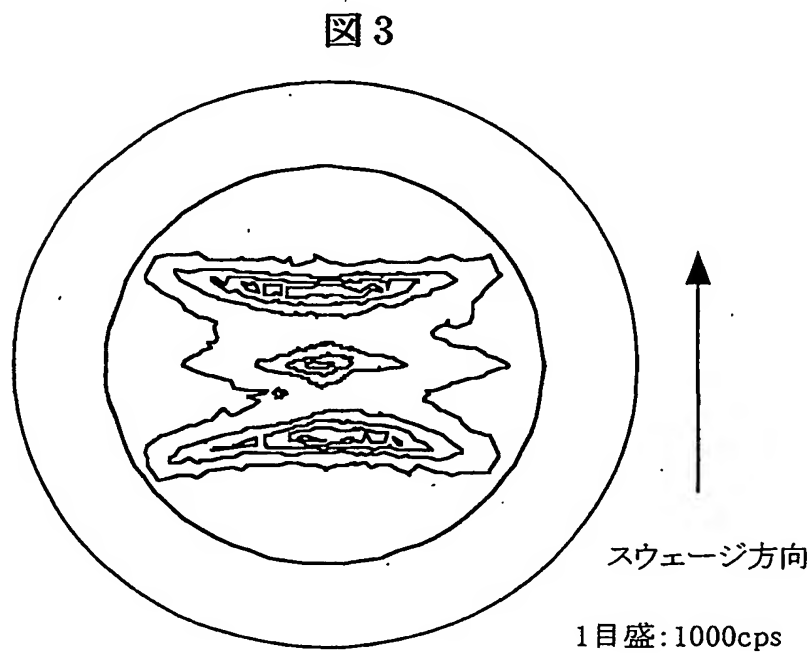
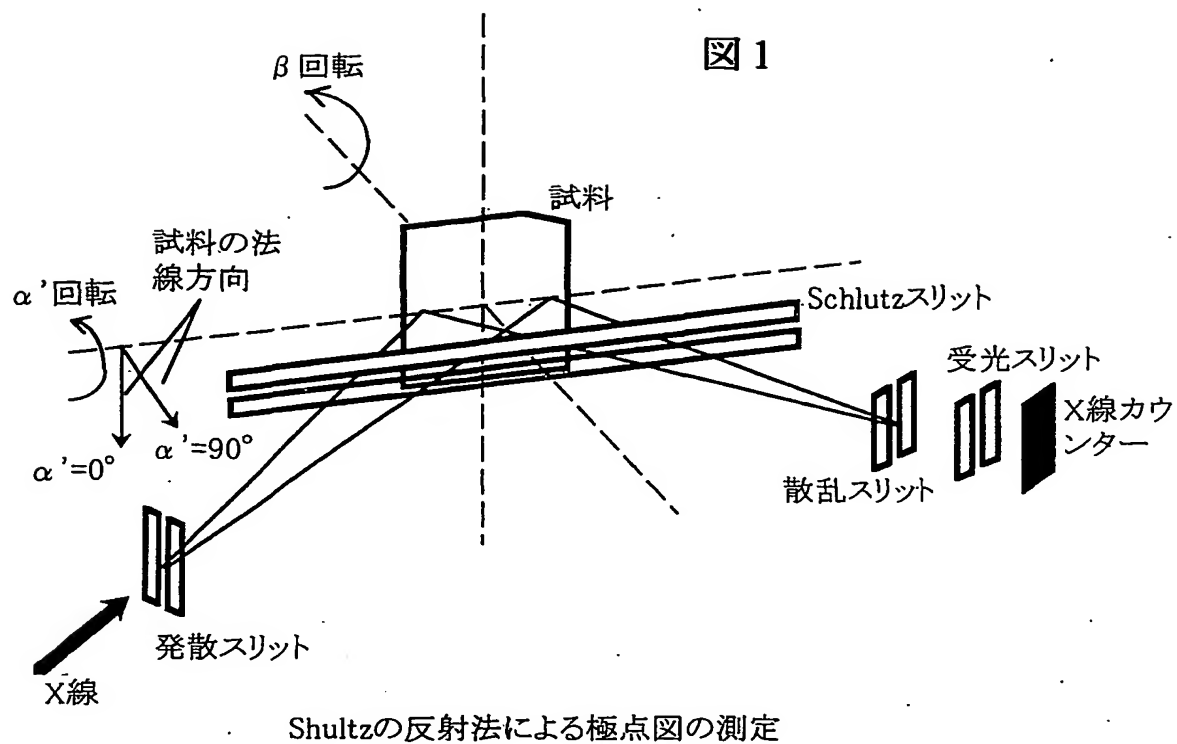
11. 50%以上の冷間加工を施したときに結晶粒内部の転位密度が $10^{11}/\text{cm}^2$ 以下であることを特徴とするチタン合金部材。

12. 40重量%以上のチタンと、該チタンを含めた合計が90重量%以上となる該チタン以外のIVa族元素および/またはVa族元素と、合計で0.25~2.0重量%となる、酸素と窒素と炭素とからなる侵入型元素群中の1種以上の元素とを含む請求の範囲第11項記載のチタン合金部材。

13. DV-X α クラスタ法により求まるパラメータであるd電子軌道のエネルギーレベルMdに関し置換型元素の組成平均値が $2.43 < Md < 2.49$ となり結合次数Boに関し置換型元素の組成平均値が $2.86 < Bo < 2.90$ となる特定組成の、チタンと合金元素とからなることを特徴とするチタン合金部材。

14. 50%以上の冷間加工を施したときに結晶粒内部の転位密度が $10^{11}/\text{cm}^2$ 以下である請求の範囲第13項記載のチタン合金部材。

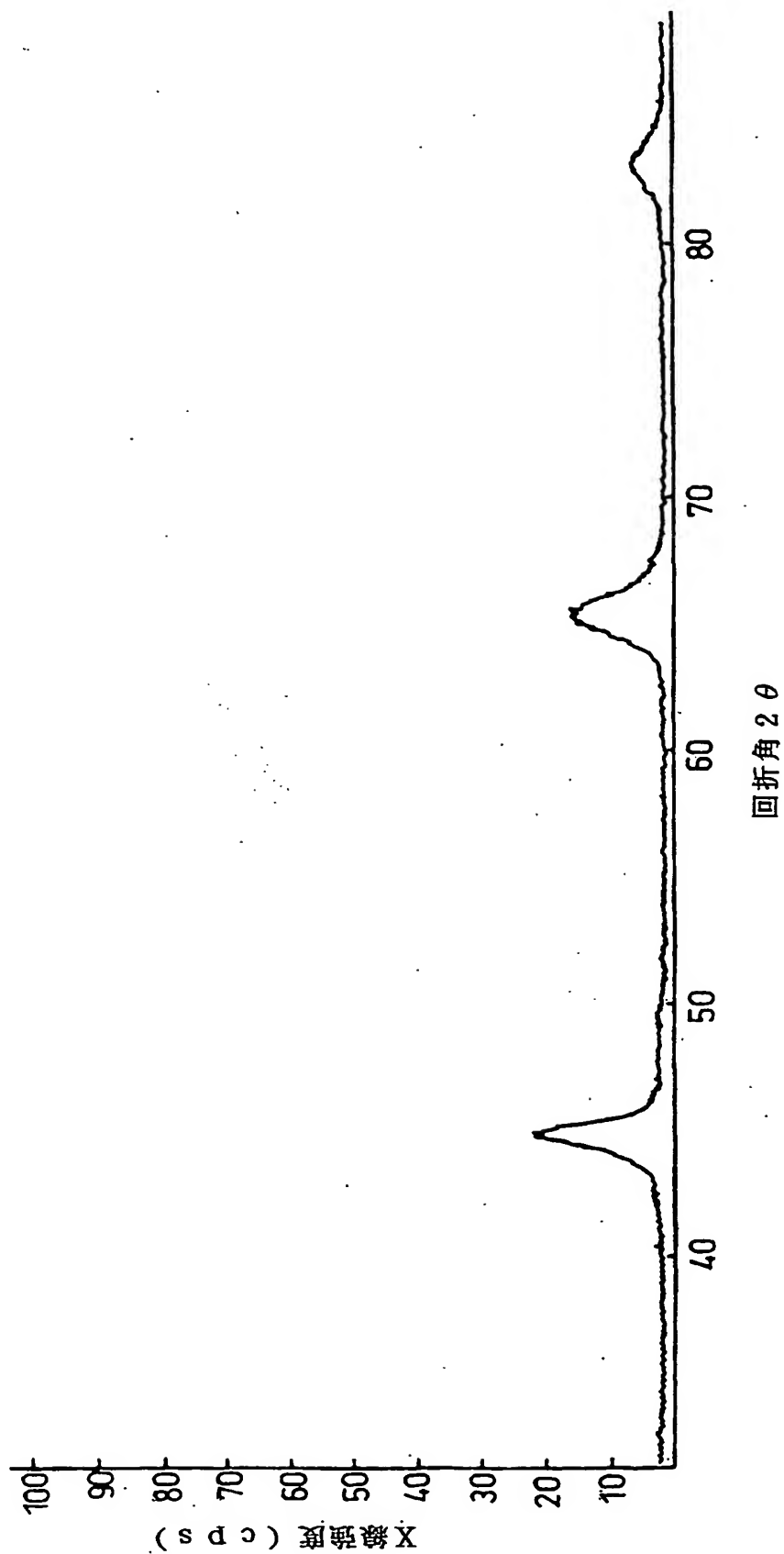
THIS PAGE BLANK (USPTO)



試料No. 1 において得られた(110) 極点図

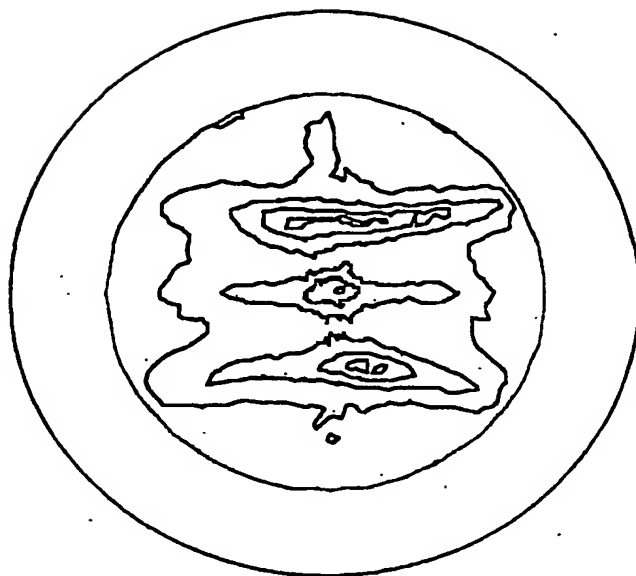
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 2



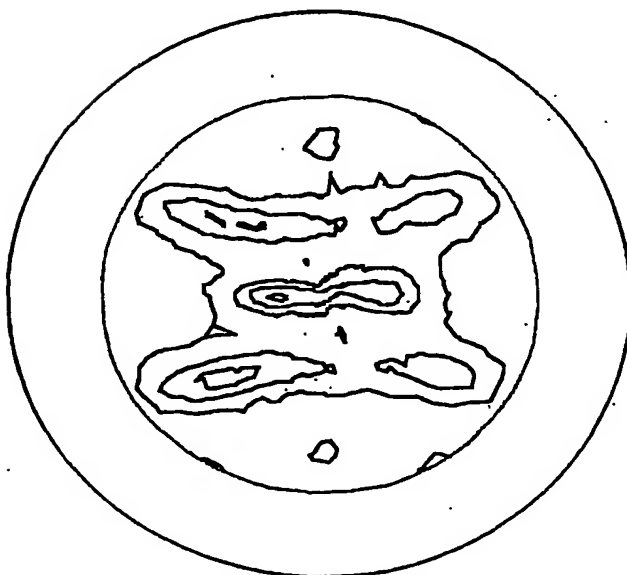
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 4

加工方向
↑

1目盛:1000cps
試料No. 4 において得られた(110) 極点図

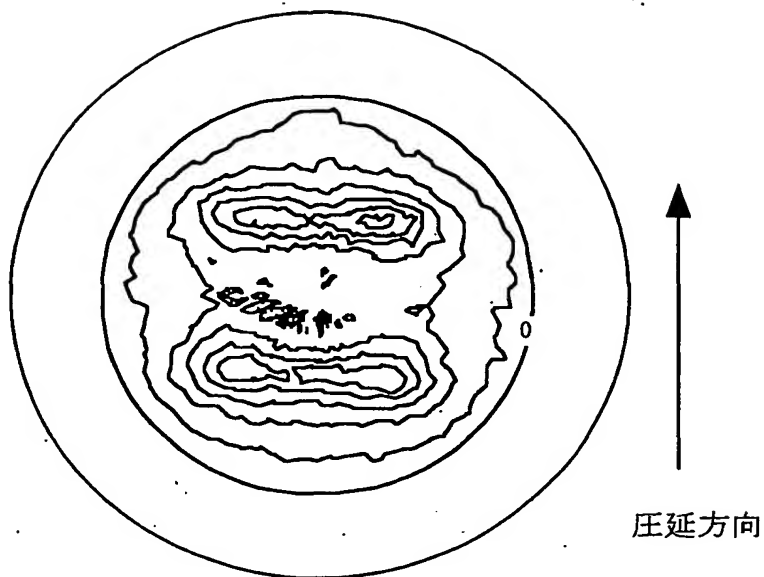
図 5

加工方向
↑

1目盛:1000cps
試料No. 5 において得られた(110) 極点図

THIS PAGE BLANK (USPTO)

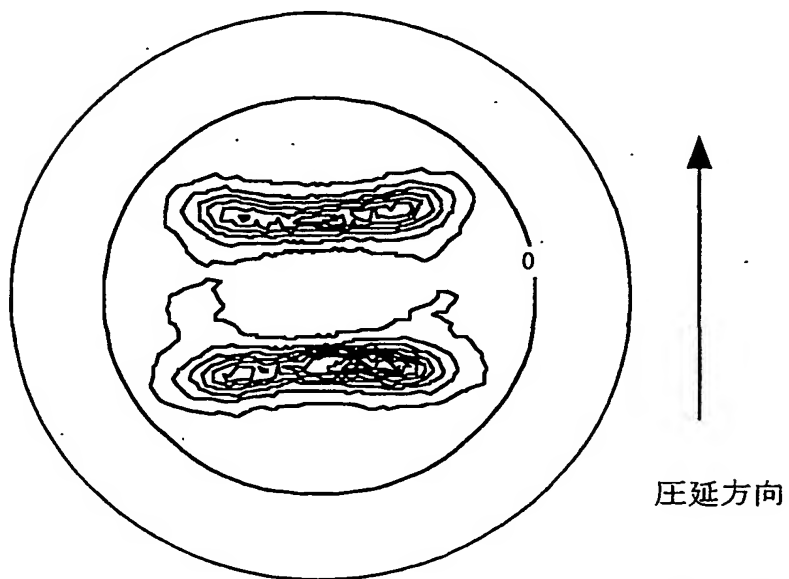
図 6



1目盛:500cps

試料No 2 において得られた(110) 極点図

図 7

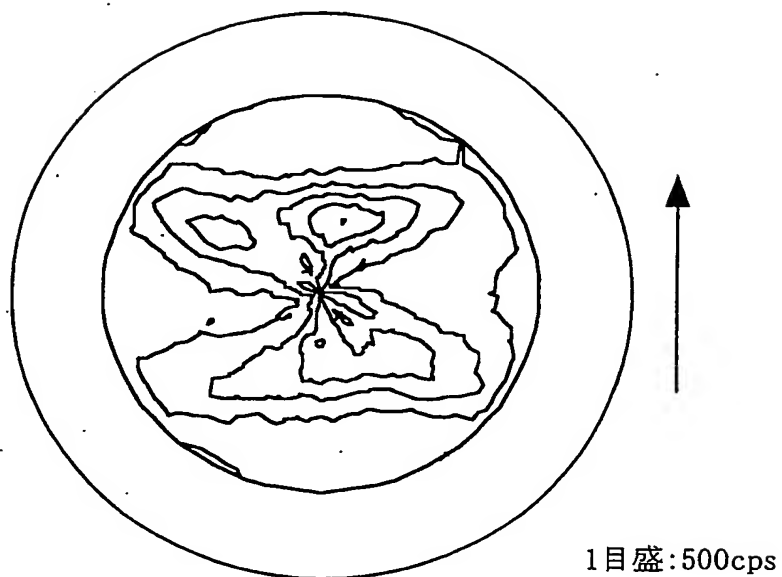


1目盛:1000cps

試料No 3 において得られた(110) 極点図

THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 8

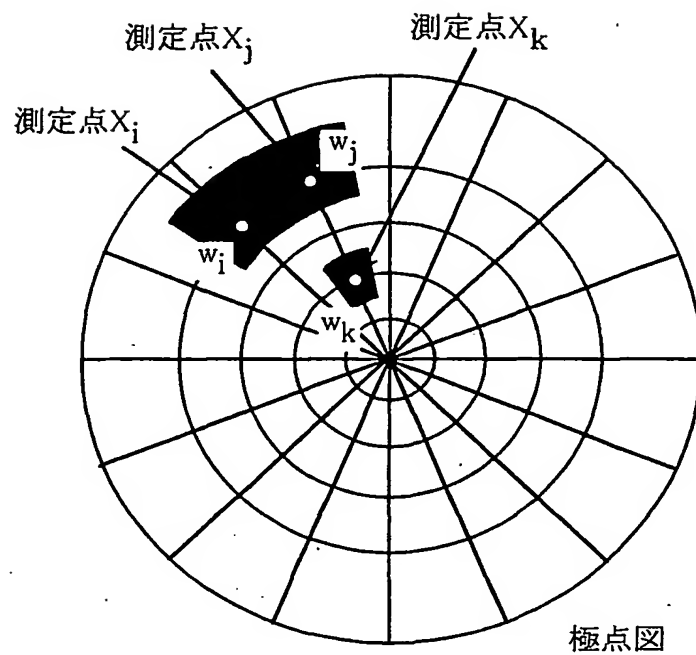


スウェージ方向

比較試料において得られた(110) 極点図

THIS PAGE BLANK (USPTO)

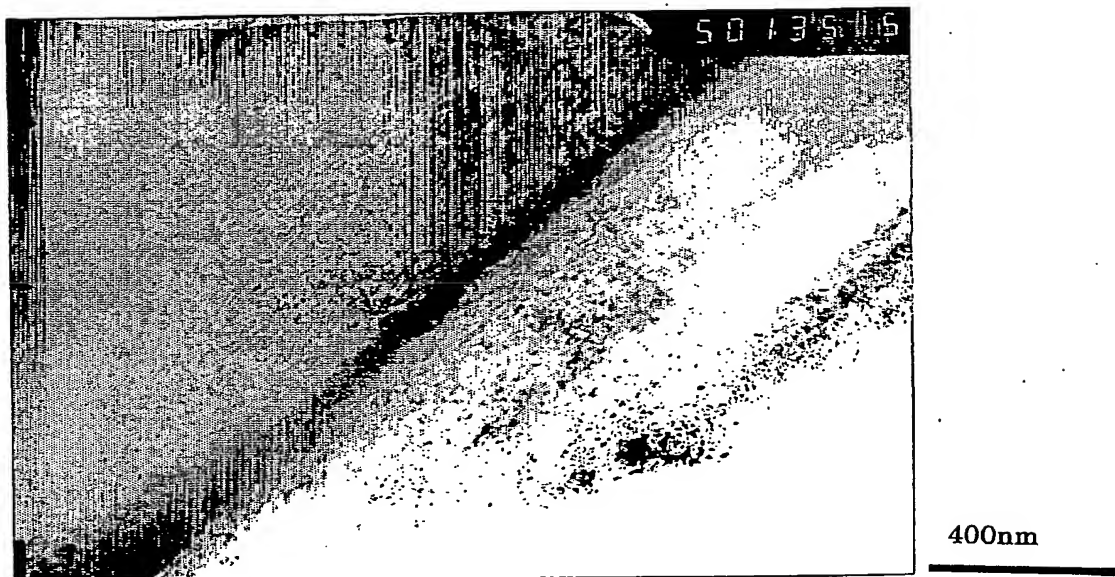
図 9



重み関数 W を構成する w の定義 (3 例のみ表示)

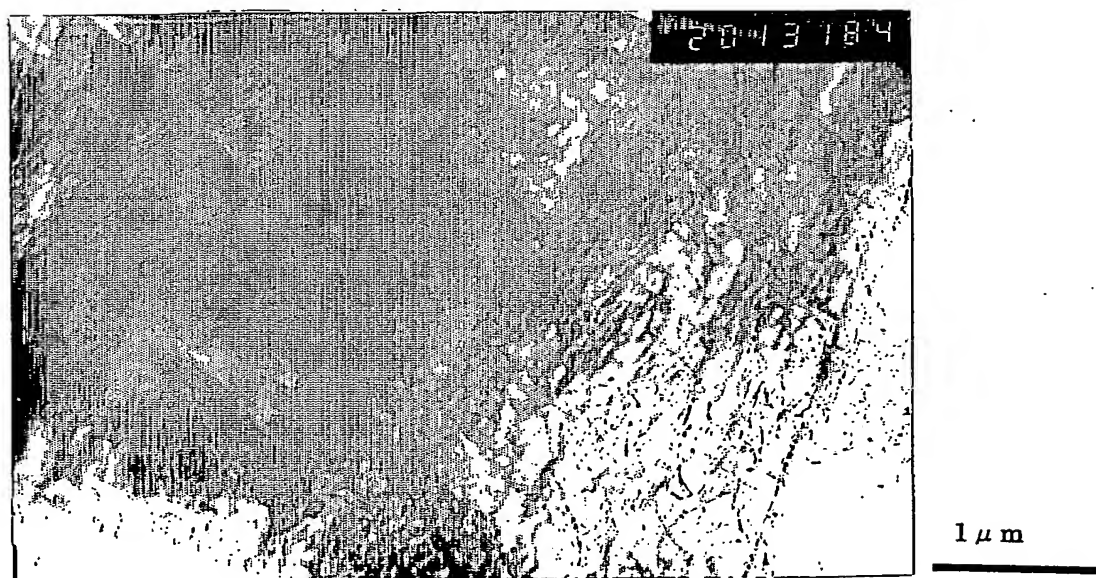
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 1 0



試料No. 1 のTEM観察結果（明視野像）

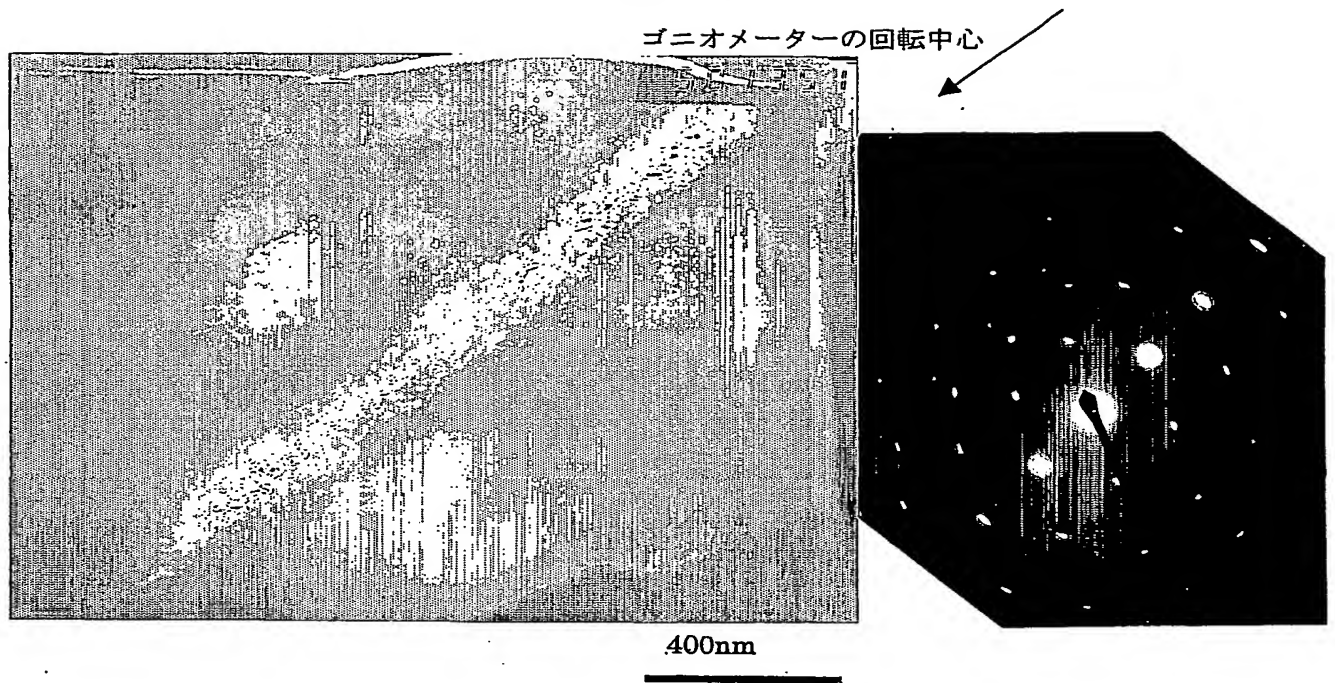
図 1 1



試料No. 1' のTEM観察結果（明視野像）

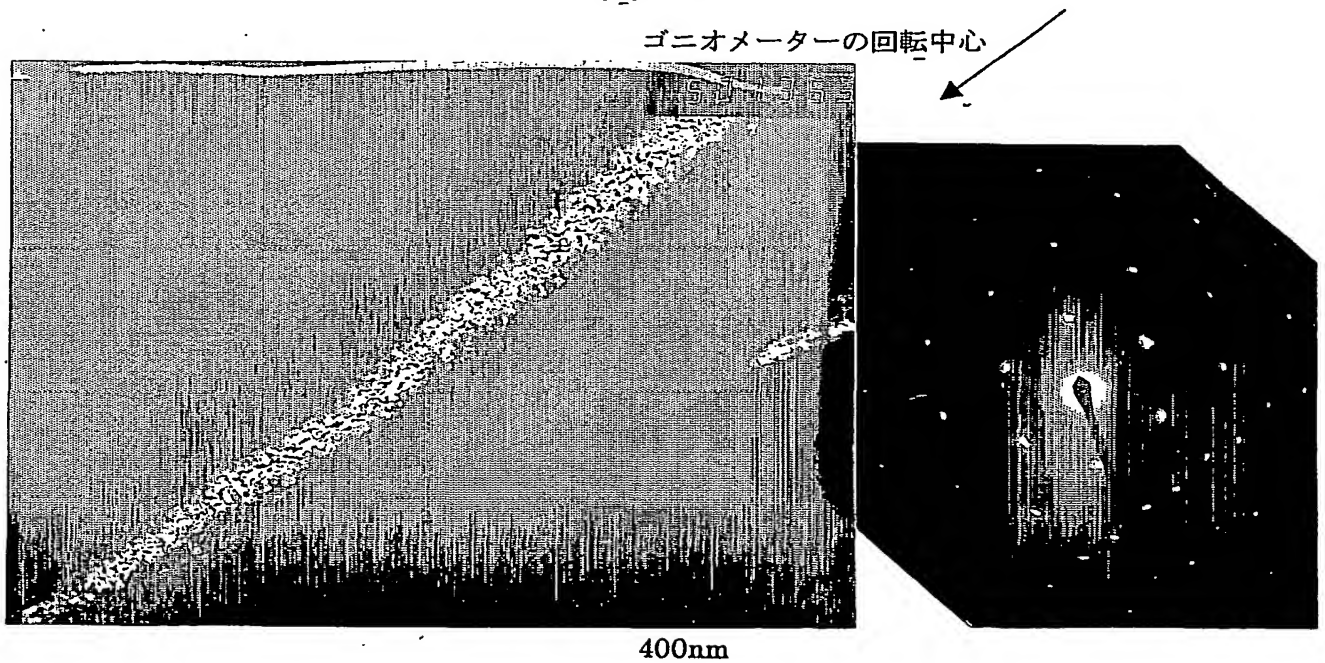
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 1 2



試料No. 1 におけるTEM観察結果。電子回折図形および110回折点を用いた暗視野像。ゴニオメーターの読み値は -16.3° 。

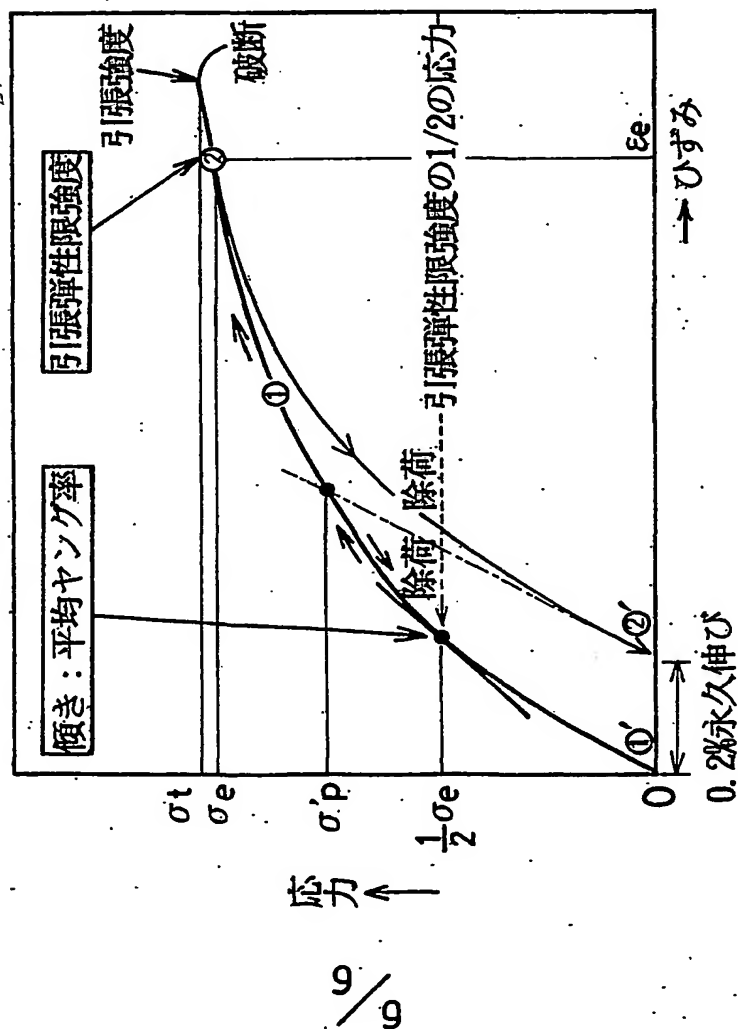
図 1 3



試料No. 1 におけるTEM観察結果。電子回折図形および110回折点を用いた暗視野像。ゴニオメーターの読み値は 6.1° 。

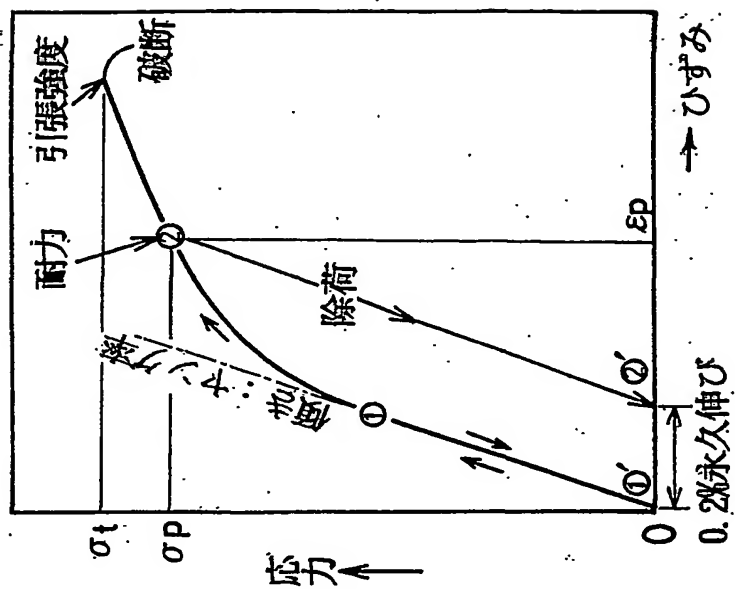
THIS PAGE BLANK (USPTO)

図 1 4 A



本発明のチタン合金

図 1 4 B



従来のチタン合金

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/03786

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C22C 14/00
C22F 1/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C22C 1/00 - 49/12
C22F 1/00 - 3/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 52-147511 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.),	1, 2, 4, 6-14
Y	08 December, 1977 (08.12.77),	5
A	Claims; page 3, upper left column, line 14 to page 3, upper right column, line 15; tables 1, 2 (Family: none)	3
X	JP 60-234934 A (Furukawa Tokushu Kinzoku Kogyo K.K.),	1, 2, 4, 6, 7,
Y	21 November, 1985 (21.11.85),	11-14
Y	Claims; page 2, upper right column, lines 10 to 14;	5
A	Fig. 1 (Family: none)	3, 8-10
X	EP 707085 A1 (Osteonics Corp.),	1, 2, 4, 6, 7,
Y	17 April, 1996 (17.04.96),	11-14
Y	Claims; tables 1, 2	5
A	& JP 8-299428 A	3, 8-10
Y	JP 62-287028 A (Nippon Tungsten Co., Ltd.),	5
	12 December, 1987 (12.12.87),	
	working example (Family: none)	
EX	JP 10-219375 A (Daido Steel Co., Ltd.),	1, 4,
	18 August, 1998 (18.08.98),	6-8,
	page 3, Column 3, lines 17 to 37; table 1	13, 14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
13 July, 2001 (13.07.01)

Date of mailing of the international search report
24 July, 2001 (24.07.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/03786

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
EA	(Family: none)	2,3,5,9-12
A	Masahiko MORINAGA, et al., "Bunshi Kido Riron ni yoru Goukin Sekkei", Nippon Kinzoku Gakkai Kaihou, 20 July, 1992 (20.07.92), Vol.31, No.7, pp.599-603	1-14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 C22C 14/00
C22F 1/18

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 C22C 1/00 - 49/14
C22F 1/00 - 3/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2001年
日本国実用新案登録公報 1996-2001年
日本国登録実用新案公報 1994-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 52-147511 A (古河電気工業株式会社) 8. 1	1, 2, 4,
Y	2月. 1977 (08. 12. 77), 特許請求の範囲, 第3頁,	6-14
A	左上欄, 第14行-第3頁, 右上欄, 第15行, 第1表, 第2表	5
	(ファミリーなし)	3
X	JP 60-234934 A (古河特殊金属工業株式会社) 2	1, 2, 4,
Y	1. 11月. 1985 (21. 11. 85), 特許請求の範囲, 第	6, 7,
A	2頁, 右上欄, 第10-14行, 第1図 (ファミリーなし)	11-14
		5
		3, 8-10

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 07. 01

国際調査報告の発送日

24.07.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

鈴木 毅

4K

9833

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

C (続き) . . . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	EP 707085 A1 (Osteonics Corp.) 17. 4月. 1996 (17. 04. 96), 特許請求の範囲, 表 1, 表2 & JP 8-299428 A	1, 2, 4, 6, 7, 11-14 5 3, 8-10
Y A		
Y	JP 62-287028 A (日本タングステン株式会社) 1 2. 12月. 1987 (12. 12. 87), 実施例 (ファミリー なし)	5
EX	JP 10-219375 A (大同特殊鋼株式会社) 18. 8 月. 1998 (18. 08. 98), 第3頁, 第3欄, 第17-3 7行, 表1 (ファミリーなし)	1, 4, 6-8, 13, 14 2, 3, 5, 9-12
EA		
A	森永正彦他, 分子軌道理論による合金設計, 日本金属学会会報, 2 0. 7月. 1992 (20. 07. 92), 第31巻, 第7号, p. 599-603	1-14